

# **AALTO-YLIOPISTO**

Insinööritieteiden korkeakoulu

Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan koulutusohjelma

Rakennetekniikka

**Verner Lehtovirta**

## **TIETOMALLIPOHJAINEN HANKINTAPROSESSI SILLANSUUNNITTELUSSA**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten  
Espoossa 17. elokuuta 2012

Valvoja: Prof. (ma.) Lauri Salokangas Aalto-yliopisto  
Ohjaajat: DI Ville Alajoki Helsingin kaupungin rakennusvirasto  
TkL Timo Tirkkonen Liikennevirasto

---

**Tekijä:** Verner Lehtovirta

---

**Työn nimi:** Tietomallipohjainen hankintaprosessi sillansuunnittelussa

---

**Laitos:** Rakennustekniikan laitos

---

**Professuuri:** Sillanrakennustekniikka

---

**Professuurikoodi:** Rak-11

---

**Työn valvoja:** Prof. (ma.) Lauri Salokangas

---

**Työn ohjaajat:** DI Ville Alajoki, TkL Timo Tirkkonen

---

**Päivämäärä:** 17.8.2012

---

**Sivumäärä:** 101 sivua, 6 liitesivua

---

**Kieli:** suomi

---

**Tiivistelmä:**

Mielenkiinto tietomallipohjaiseen sillan koko elinkaaren huomioivaan suunnittelu- ja toteutusprosessiin on kasvanut viime vuosina voimakkaasti niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa. Koko infra-alan ja siten myös sillansuunnittelun kunnianhimoinen tavoite on, että vuonna 2014 tilataan pääosin tietomallipohjaista suunnittelua. Myös Liikennevirasto ja Helsingin kaupunki ovat aktiivisesti kehittämässä tietomallipohjaisen sillansuunnittelun käytäntöjä. Vuonna 2012 tietomallinnus eli BIM on jo aiheuttanut muutoksen talo- ja teollisuuskohteiden rakennusprosesseissa, joissa tietomallipohjaisen suunnittelun vaatiminen tarjouspyynnöissä on arkipäivää. Siirtyminen perinteisestä dokumenttipohjaisesta toimintatavasta tietomallipohjaiseen rakentamiskäytäntöön perustellaan usein koko sillanrakennusprosessin aiempaa paremmalla tuottavuudella, laadulla ja asiakaslähtöisyydellä. Aiempiin suunnitteludokumentteihin verrattuna sillan tuotemalli tuo myös mukanaan enemmän ja paremmin luokiteltua suunnittelutietoa, jota eri tarkoituksiin käytettävät sovellutusohjelmistot osaavat lähes automaattisesti käyttää lähtötietoinaan. Näin ollen siltasuunnittelmien tarkastustyö ja laadunvarmistus tulevat aiempaa automaattisemmaksi. Suunnittelutieto on myös entistä aiemmin saatavilla, mikä auttaa tärkeiden ja kokonaiskustannuksiin vaikuttavien päätösten teossa.

Siltojen tilaajien näkökulmasta tietomallipohjaisten suunnitelmien tilaaminen on suuri muutos nykyisiin hankintatapoihin verrattuna. Tilaajalle toimitettava suunnitelma-aineisto tulee muuttumaan jokaisessa suunnitteluvaiheessa aiheuttaen muutostarpeita myös hankinnan valmisteluun ja hankinta-asiakirjoihin. Tarjouspyynnön tulee sisältää tarkat vaatimukset tietomallin tarkkuudesta ja laajuudesta, tiedon luokittelusta tietomallissa sekä mallinnuksen käyttötarkoituksista. Kehitetäessä mallipohjaista hankintatoimea on tärkeää, että tilaajat, suunnittelijat, urakoitsijat ja rakennuttajat tekevät yhteistyötä näiden vaatimusten määrittämiseksi. Tulevaisuuden tavoitteena on standardoitu hankintaprosessi, jossa kaikki osapuolet tietävät jo ennen hankkeen aloitusta, mitä tietomallintamisella on tarkoitus saavuttaa ja mitä sillan tuotemallilta voidaan odottaa. Samalla tilaajille tarjoutuu myös paremmat mahdollisuudet kilpailuttaa tietomallipohjainen sillansuunnittelu puhtaasti hinnalla ja hallita toimittajamarkkinoita paremmin.

Tämän diplomityön tavoitteena oli muodostaa kuva tietomallipohjaisesta hankintaprosessista sillansuunnittelussa, tunnistaa tietomallipohjaisuuden aiheuttamat tärkeimmät muutokset ja niistä aiheutuvat seuraukset. Tutkimuksen suorittamiseksi tehtiin taustatyönä kattava kirjallisuusanalyysi, jonka jälkeen haastateltiin alan asiantuntijoita monista eri näkökulmista. Myös talonrakennuksen ja kansainvälisten tietomallinnusprojektien kokemuksia ja saavutuksia peilattiin työn tarkoitusta silmällä pitäen. Työssä tutkittiin eri arviointimenettelyiden ja toteutusmuotojen soveltuvuutta tietomallipohjaisen sillansuunnittelun hankintaan. Työssä määriteltiin myös periaatteet, joilla mallinnusvaatimukset ja -tavoitteet esitetään sillansuunnittelun tarjouspyynnössä. Tutkimusta tehdessä olivat käynnissä alan yhteiset 5D-silta3- ja Infra FINBIM -kehityshankkeet, jotka sekä tukivat että tulevat hyödyntämään osaltaan tätä diplomityötä.

---

**Avainsanat:** BIM, hankintamenetelmät, hankintaprosessi, hankintatoimi, mallipohjainen, sillansuunnittelu, tietomalli, tuotemallinnus

---



---

**Author:** Verner Lehtovirta

---

**Title of thesis:** Building Information Modeling-based Procurement Process in Bridge Design

---

**Department:** Department of Civil and Structural Engineering

---

**Professorship:** Bridge Engineering

---

**Code of professorship:** Rak-11

---

**Thesis supervisor:** Prof. (act.) Lauri Salokangas

---

**Thesis advisors:** M.Sc. Ville Alajoki, Lic.Sc. Timo Tirkkonen

---

**Date:** 17.08.2012

---

**Number of pages** 101 pages, 6 appendix pages

---

**Language:** Finnish

---

**Abstract:**

Interest towards building information modeling-based bridge design and construction process, which takes into account the whole life span, has grown strongly over the last few years both in Finland and abroad. The whole infrastructure branch and thus the clients of bridge design are ambitiously aiming to order mainly building information model-based design by the end of 2014. Also Finnish Transport Agency and City of Helsinki have been actively involved in research and development. In 2012, building information modeling (BIM) has already changed the construction process of building and industrial construction, where requirements to utilize building information modeling are included in most request for proposals. The transition from conventional document-based working methods to intelligent modeling-based construction chain is justified by better quality, productivity and customer orientation. The utilization of building information modeling in bridge design provides more classified design information than the conventional paper document and it can be dealt with by automated software inspections. Thus, the inspection and the quality assurance of design documents will become more automatic. Furthermore, design information is available earlier which helps in making important decisions that affect the overall costs.

From clients' perspective, the ordering of model-based bridge design causes major changes to the traditional procurement methods. The contents of design documents will be changed in every phase leading to the fact that the preparation of the acquisition and the procurement documents need to be regenerated. The request for proposal must include exact demands for modeling accuracy, the information partition of a model, and the proposed use of modeling. Co-operation between clients, designers, contractors and building developers is essential, when developing modeling-based procurement process and these demands. The aim is to standardize the procurement process so that every player knows exactly what the model includes prior to receiving it. Consequently, the client is able to ask for the cheapest bids and dominate the market better.

The objective of this thesis was to create a general picture about model-based procurement process in bridge design and to identify the most critical changes and their consequences caused by building information modeling. In order to conduct the research an extensive literature review was performed followed by interviews with experts representing several perspectives. In addition, building construction and international infrastructure projects, which utilized building information modeling, were investigated and the experiences were reflected to bridge design with regard to the research aim. Furthermore, the research examined the suitability of different evaluation methods and contract forms for model-based procurement in bridge design. The research also suggested methods to include modeling requirements and modeling targets in the requests for proposals. Two major development projects – 5D-Bridge3 - and Infra FINBIM -project – were run alongside this research and they both supported and benefited from this study.

---

**Keywords:** acquisition, BIM, building information modeling, bridge design, model-based, procurement methods, procurement process

---

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty opinnäytteenä diplomi-insinöörin tutkintoa varten Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulun Rakennustekniikan laitoksessa. Työ on osa laajempaa kehitystyötä, jonka päämääränä on ottaa tietomallintaminen täysimittaisena käyttöön osana infra-alan vakiintuneita rakentamiskäytäntöjä.

Diplomityön ohjausryhmän muodostivat työn valvoja prof. (ma.) Lauri Salokangas (Aalto-yliopisto), työn ohjaajat DI Ville Alajoki (Helsingin kaupungin rakennusvirasto) ja TkL Timo Tirkkonen (Liikennevirasto) sekä RI Antti Karjalainen (WSP Finland Oy) ja TkT Rauno Heikkilä (Oulun yliopisto). Ohjausryhmän lisäksi osoitan kiitokseni esimiehelleni DI Sami Niemelälle (WSP Finland Oy) diplomityön käynnistämisestä. Taloudellisesta tuesta kiitokseni kuuluvat Liikennevirastolle ja Helsingin kaupungin rakennusvirastolle. Kiitän myös kaikkia haastattelemani henkilöitä ja niitä, joiden kanssa olen käynyt työn kannalta arvokkaita keskusteluita sekä työ- että vapaa-aikana.

Erityiskiitokset koko reilun viiden vuoden opiskelu-urakasta osoitan lähimmille opiskelukavereilleni, jotka ovat tukeneet ja myötäeläneet kanssani koko opiskelurupeamani ajan. Teitte opiskeluaikastani Otaniemessä elämäni toistaiseksi hienoimman aikajakson. Lopuksi kiitän perhettäni ja erityisesti rakasta kihlattuani Jennaa työn kommentoimisesta, kieliasun tarkastamisesta ja ymmärryksestä niin hyvinä kuin huonoinakin hetkinä. Oi niitä aikoja!

Helsingissä 17.8.2012



Verner Lehtovirta



## SISÄLLYSLUETTELO

Käytetyt käsitteet ja lyhenteet .....	7
1 Johdanto .....	10
1.1 Diplomityön tausta .....	10
1.2 Tietomallipohjaisen tiedonhallinnan periaatteet .....	11
1.3 Julkisen alan hankintatoimi.....	14
1.4 Tutkimusongelma, -kysymykset ja rajaukset .....	16
1.5 Tutkimusmenetelmä .....	18
2 Kehityshankkeiden tulokset ja kokemukset .....	20
2.1 Rakennusalan tietomallintamisen kehityshankkeet .....	20
2.1.1 Built Environment Process Re-engineering.....	20
2.1.2 Älykäs silta ja 5D-silta-projektit .....	23
2.1.3 Siltojen tietomalliohje.....	26
2.1.4 Yleisten tietomallivaatimusten soveltuminen siltahankkeisiin .....	28
2.2 Hankintamenetelmien kehityshankkeet .....	31
2.2.1 Tuottavuuden kehittäminen, TUKEFIN -hanke.....	31
2.2.2 Lean tuotantojärjestelmän kehittämishanke.....	32
2.2.3 Rakennusteollisuuden hankinta- ja toimitusketjun kehittäminen, KETJU-hanke .....	34
2.3 Toteutuneista hankkeista saadut kokemukset .....	35
2.3.1 Crusellin silta .....	35
2.3.2 Jorvaksen ratapiha .....	37
2.3.3 Röforsin silta Keski-Ruotsissa .....	39
2.4 Senaatti-kiinteistöjen ja talonsuunnittelun tilaajien tietomallipohjainen hankintatoimi.....	42
3 Infran tilaajien hankintatoimen perusteet.....	46
3.1 Hankinnan portfolioanalyysi .....	46
3.2 Tilaajan rooli julkisissa hankkeissa .....	51
3.3 Toteutusmuodot infrahankkeissa.....	53
3.3.1 Kokonaishintainen urakka .....	53
3.3.2 Suunnittele ja toteuta -malli .....	54

3.3.3	Elinkaarimalli.....	55
3.3.4	Yhteistoimintamuodot .....	56
3.3.5	Allianssimalli .....	57
3.4	Hankintaprosessin pääpiirteet .....	59
3.5	Hankintamenettelyt ja niiden käyttö.....	62
3.6	Yhteistyö ja kumppanuus.....	64
4	Mallipohjaisen sillansuunnittelun hankinta.....	66
4.1	Mallipohjaisuuden tuomat muutokset siltahankkeeseen.....	66
4.2	Mallipohjaisen tarjouspyynnön sisältö .....	71
4.3	Suunnitteluttaminen.....	73
4.4	Sillansuunnittelijan valintamenettely.....	74
4.5	Suunnittelusopimus mallipohjaisessa siltahankkeessa .....	77
4.6	Urakoinnin huomioonottaminen suunnitteluvaiheessa.....	78
4.7	Tietomallinnuksen ja Lean Constructionin synergiahyödyt .....	79
5	Tulokset.....	81
5.1	Muutokset sillansuunnittelun hankintaprosessissa .....	81
5.1.1	Osapuolten roolit mallipohjaisessa siltahankkeessa.....	83
5.1.2	Toteutusmuodot.....	85
5.1.3	Hankintamenetelmät ja -strategiat.....	86
5.1.4	Tarjousten arviointimenettelyt .....	88
5.1.5	Hankinta-asiakirjavaatimukset.....	90
5.2	Jatkokehittämistarpeet .....	92
6	Johtopäätökset .....	95
	Lähdeluettelo .....	97
	Liitteet .....	102



## Käytetyt käsitteet ja lyhenteet

### 4D-suunnittelu

Ottaa huomioon 3D-koordinaatiston lisäksi 4. ulottuvuuden, joka on useimmiten aika. 4D-suunnittelulla on käytännön merkitystä erityisesti rakennettavuusanalyseissä, joissa voidaan tarkastella erilaisia toteutusvaihtoehtoja.

### 5D-suunnittelu

Ottaa huomioon 4D-suunnittelun lisäksi 5. ulottuvuuden, joka on useimmiten kustannukset. 5D-suunnittelu on erityisesti projektinjohdolle erinomainen apuväline. Useamman kuin 3 dimension suunnittelussa on tarpeen määrittää, mitä korkeammilla dimensioilla kulloinkin tarkoitetaan.

### AIA (The American Institute of Architects)

Yhdysvaltojen johtava arkkitehtien ja sidosryhmien järjestö, joka on myös aktiivinen ja arvostettu artikkelien julkaisija.

### AMA (Allmän Material och Arbetsbeskrivning)

Ruotsissa käytössä oleva rakennusosakohtainen laatuvaatimusjärjestelmä. Vastaa pääpiirteissään Suomen InfraRYLiä.

### BIM (Building Information Modeling)

Rakennuksen tietomallinnus, josta puhutaan, kun rakennukseen ja sen osiin on liitetty 3D-geometrian lisäksi muuta tietoa. Katso myös tieto- ja tuotemalli.

### BuildingSMART

Kansainvälinen, puolueeton ja voittoa tavoittelematon organisaatio, jonka tavoitteena on edistää kestävästä rakennettua ympäristöstä järkevämmän tiedonhallinnan ja kommunikoinnin avulla perustuen kansainvälisesti avoimiin tiedonsiirtostandardeihin.

### CAD (Computer Aided Design)

Tietokoneavusteinen suunnittelu.

### CNC-kone (Computerized Numerical Control)

Tietokoneistettu numeerinen ohjaus, jonka avulla on mahdollista siirtää tuotemallista saatava mittatieto suoraan työstökoneille.

### COBIM (Common BIM Requirements)

Vuonna 2011 käynnistetty projekti, jonka tarkoituksen oli laatia Suomeen tietomallivaatimukset. Vaatimuksia on ollut laatimassa suuri joukko Suomen johtavia rakennusalan toimijoita. Vaatimuksien lopulliseksi nimeksi valittiin YTV – Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

### Credita

Credita Julkiset hankinnat -palvelu sisältää kaikki kotimaiset hankintailmoitukset sekä kansainväliset EU-hankintailmoitukset.

### ETLA (Elinkeinoelämän tutkimuslaitos)

ETLA on yksityinen, voittoa tavoittelematon talouden tutkimus- ja ennustelaitos, joka on ainoa suomalainen jäsen Euroopan suhdannelaitosten liitossa (AIECE) ja talouspolitiikkaa tutkivien eurooppalaisten tutkimuslaitosten verkostossa (ENEPRI).

## **FISE**

FISEn tarkoitus on todeta rakennus-, LVI- ja kiinteistöalan henkilöpätevyudet ja koota ne yhteen rekisteriin, jossa ne ovat kaikkien saatavilla.

## **GPR (Ground Penetrating Radar)**

Maatutkaus; siltojen yhteydessä puhutaan siltatutkauksesta, joka muodostaa mallin lähetettyjen ja vastaanotettujen radioaaltojen perusteella sillan eri rakennekerroksista ja erityisesti betonite räksistä.

## **HILMA**

Työ- ja elinkeinoministeriön ylläpitämä maksuton, sähköinen ilmoituskanava, jossa hankintayksiköt ilmoittavat julkisista hankinnoistaan.

## **IDM (Information Delivery Manual)**

Määrittelee mitä ja missä formaatissa informaatiota tarvitaan rakennusprojektin kussakin vaiheessa. Tunnetaan nykyään nimellä buildingSMART-standardi prosesseille.

## **IFC (Industrial Foundation Classes)**

Talonrakentamisen ja sillan kovien rakenteiden tietomallintamisessa yleisesti käytettyolioperustainen tiedostomuoto.

## **IFD (The International Framework for Dictionaries)**

Avointen tiedonsiirtoformaattien sanakirja, joka määrittelee terminologian mallinnusohjelmissa käytettäville osien nimeämisille ja attribuuttitiedoille. Muodostaa yhdessä IFC:n ja IDM:n kanssa buildingSMART-teknologian peruselementit.

## **Infra FINBIM**

Vuoteen 2013 kestävä PRE-ohjelmaan kuuluva työpaketti, jonka keskeisenä tavoitteena on että vuonna 2014 suuret infranhaltijat tilaavat vain tietomallipohjaisia palveluja.

## **InfraRYL**

Infra-alan yhdessä laatima kuvaus infrarakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista. Määrittää työn lopputuloksen rakennusteknisen laadun. Rakennusosalalla omaksutun tavan mukaan tilaajan tarvitsee vain viitata sopimusasiakirjoissa InfraRYLin yksilöityyn kohtaan saadakseen sen määritykset voimaan hankkeessa.

## **KSE (Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot)**

Soveltuvat käytettäväksi tilaajan ja konsultin välisissä toimeksiannoissa muun muassa rakentamisen, tuotannollisen toiminnan sekä yhdyskuntien tutkimus-, suunnittelu- ja valvontatehtävissä.

## **LandXML**

Infra-alan avoin XML-pohjainen tiedonsiirtoformaatti.

## **Last Planner System™ (LPS)**

Lean Construction -instituutin kehittämä projektituotannon ohjausmenettely, jonka lähtökohtana on suunnittelu- ja rakennusprosessin parempi ennustettavuus sekä sosiaalisten verkostojen parantuminen. Mallin perusteella tuottavuus, työturvallisuus ja laatu paranevat sekä läpimenoaika lyhenee.

## **Lean Construction**

Rakennusalan toimijoiden soveltamaa Lean-ajattelua, jonka tavoitteena on hankkeissa syntyvän hukan, työajan, energian, materiaalien ja muiden resurssien käytön minimoiminen ja sitä kautta asiakkaan saaman arvon maksimoiminen.



## **Open BIM**

BuildingSMARTin ja johtavien ohjelmistotalojen käynnistämä avoimiin tiedonsiirto standardien kehitysohjelma, jonka tavoitteena on kehittää alan osapuolten yhteistyötä siten, että kaikki osapuolet voivat osallistua projektiin riippumatta käyttämistään työkaluista.

## **PRE-ohjelma (Built Environment Process Re-engineering)**

RYM Oy:n käynnistämä tutkimusohjelma, jonka tavoitteena on luoda alalle uusia toimintatapoja ja liiketoimintamalleja.

## **RYM**

RYM Oy toimii rakennetun ympäristön strategisen huippuosaamisen keskittymänä. Yhtiö on kiinteistö- ja rakennusalan huippuosaamisen pääomasijoitusyhtiö, joka sijoittaa yritysten ja julkisten innovaatorahoittajien rahoitusta ja tietotaitoa alan kansainvälisen kilpailukyvyn kannalta tärkeimpiin tutkimusaiheisiin.

## **TEKES (Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus)**

Yritysten, yliopistojen, korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten haastavien tutkimus- ja kehitysprojektien ja innovaatiotoiminnan rahoittaja ja aktivoija, jonka omistaa Suomen valtio.

## **Tekla Structures**

Siltojen tietomallintamisessa yleisin Suomessa käytössä oleva ohjelmisto.

## **Tietomalli**

Yleisnimitys kaikessa rakentamisessa käytettäville digitaalisille, tietoa sisältäville, malleille, jotka kuvaavat tietyn rakenteen tuotetietoa tietokone-sovelluksilla tulkittavissa olevassa muodossa.

## **TUKEFIN -hanke**

Rakennus- ja kiinteistöalan tuottavuuden kansallinen kehittämishanke, jossa on menossa tällä hetkellä 4. vaihe. TUKEFINin tavoitteena on kehittää hankinta-, yhteistyö- ja projektien toteutusmalleja sekä osaamista.

## **Tuotemalli**

Digitaalinen siltasuunnitelma, joka on jonkin tietyn sillan yksityiskohtainen tietomalli lopputilanteen mukaisena +10 °C lämpötilassa. Tuotemalli ei sisällä esikohotuksia tai muodonmuutosten ennakoiteja, vaan toimii rakentamistöiden toteutuksen vertailuperustana.

## **UDA-kenttä (User-defined Attributes)**

Tekla Structures -ohjelmassa oleva kenttä, jonne käyttäjä voi syöttää kyseiseen rakenneosaan liittyvää yksityiskohtaista tietoa. UDA-kenttään syötetty tieto helpottaa tietomallin tiedonhallintaa.

## **Web-malli**

Natiivitietomallista tuotettu kaikille avoin malli, jota voidaan tarkastella Internet-selaimilla.

## **VTT (Valtion teknillinen tutkimuskeskus)**

VTT on Pohjois-Euroopan suurin soveltavaa tutkimusta tekevä organisaatio, joka tuottaa monipuolisia teknologia- ja tutkimuspalveluja sekä kotimaisille että kansainvälisille asiakkailleen, yrityksille ja julkiselle sektorille. VTT vastaa muun muassa Infra FINBIMissä Infratimantti-kehityshankkeesta.

# 1 Johdanto

## 1.1 Diplomityön tausta

Infrarakenteiden ja siten myös silta- ja taitorakenteiden suunnittelu on kiihtyvästi menossa kohti tietomallipohjaista tiedonsiirtoa ja -hallintaa. **BIM** eli tietomallinnus on jo alan vakiintunut termi, vaikka kaikkia sen aiheuttamia muutoksia ja mahdollisuuksia ei vielä tunneta. Tietomallintaminen luo tilaajille, suunnittelijoille, urakoitsijoille ja rakennuttajille täysin uuden toimintaympäristön ja tarjoaa monia uusia mahdollisuuksia myös aivan uusille toimijoille. Kiinnostus tietomallien käyttöönottoon on ollut voimakasta ja kehitystyötä on tehty yhdessä eri osapuolien kesken. (Liikennevirasto 2011b) Tämä diplomityö lukeutuu monien tietomallintamisesta tehtyjen ja tekeillä olevien tutkimusten joukkoon, ja tukee osaltaan käynnissä olevia laajempia kehityshankkeita.

Talo- ja teollisuuskohteiden suunnittelussa on jo yleistä, että tilaajat vaativat perinteisen dokumenttipohjaisen tiedonsiirron sijasta IFC-standardin mukaisia tietomalleja, joihin rakennusten ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus tallennetaan. Eri suunnittelualojen suunnittelu tehdään tällöin mallintamalla ja tietoa siirretään osapuolten välillä mallipohjaisesti. Suurista talokohteiden tilaajista valtion omistama Senaatti-kiinteistöt on ollut jopa maailmanlaajuisesti edelläkävijä tietomalliohjeiden kehittämisessä. Senaatti-kiinteistöjen tietomalliohjeet julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 2007, ja niiden pohjalta tehtiin laajemmat koko Suomea sitovat yleiset tietomallivaatimukset – YTV 2012. Vaatimusten päivittämisprojekti kulki nimellä COBIM-hanke, ja siihen osallistui yhden yrityksen sijaan suuri joukko toimijoita rakennus- ja kiinteistöalalta. Maaliskuussa 2012 julkaistuja ohjeita harkitaan tämän työn kirjoitushetkellä otettavaksi myös rakennus- ja infra-alan opetusta antavien oppilaitosten opetusohjelmiin. Niin ikään Aalto-yliopistossa tietoyhdennetty rakentaminen on saavuttanut eräänlaisen fokus-statusen, ja se on nostettu vahvasti esiin tulevaisuuden tutkimuksessa ja opetuksessa. (Rakennuslehti 2012)

Tietomallipohjainen tiedonhallinta mahdollistaa tuottavammat rakentamiskäytännöt, jotka parantavat laatua ja asiakaslähtöisyyttä koko rakennusklassissa. Alalle on syntynyt viime vuosina kova noste myös uusille toteutusmuodoille, joiden on arveltu yhdessä tietomallinnuksen kanssa olevan merkittävä edistysaskel Suomen infrarakentamiselle. Rakennus- ja kiinteistöalan tuottavuuden kehittämiseksi on perustettu kansallinen TUKEFIN-hanke, jonka tavoitteena on luoda alalle pysyvät edellytykset parantaa tuottavuutta, innovatiivisuutta sekä vähentää hukatekijöitä.



Tietomallien käyttöä ja niiden tarjoamia mahdollisuuksia sillansuunnittelussa on tutkittu muun muassa Älykäs Silta -, 5D-Silta- ja 5D-Silta2-kehitysprojekteissa, joita käsitellään luvussa 2.1.2. Lisäksi tällä hetkellä ovat käynnissä alan yhteiset kehityshankkeet: Liikenneviraston johtama silta-alan 5D-silta3-hanke ja RYM Oy:n käynnistämä PRE-ohjelmaan kuuluva koko infrarakenteiden tietomallinnusta käsittelevä Infra FINBIM-työpaketti. Infra FINBIMin tavoite on, että vuonna 2014 suuret infranhaltijat tilaavat pääosin tietomallipohjaisia palveluja. Sillansuunnittelu tilataan usein osana suurempia infrahankkeita, joten tavoite mallipohjaisen suunnittelun tilaamisesta koskee myös silta-hankkeita. Liikennevirasto on lisäksi tekemässä suunnittelijoiden ja tilaajien käyttöön siltasuunnitelmien tarkastusohjetta tuotemalliympäristössä.

Myös kansainvälisesti tietomallintaminen on herättänyt suurta mielenkiintoa ja jo työn kirjoitushetkellä on selvää, että rakennusala ympäri maailmaa on siirtymässä vahvasti kohti tietomallipohjaista tiedonhallintaa lähivuosien aikana. Pohjoismaiden on yleisesti tunnustettu olevan edelläkävijöitä tietomallintamisen hyödyntämisessä, mutta myös esimerkiksi Yhdysvalloissa, Japanissa, Singaporessa, Australiassa, Isossa-Britanniassa ja muualla Euroopassa on panostettu merkittävästi tietomallinnuksen kehittämiseen viime vuosina. (NBS 2012)

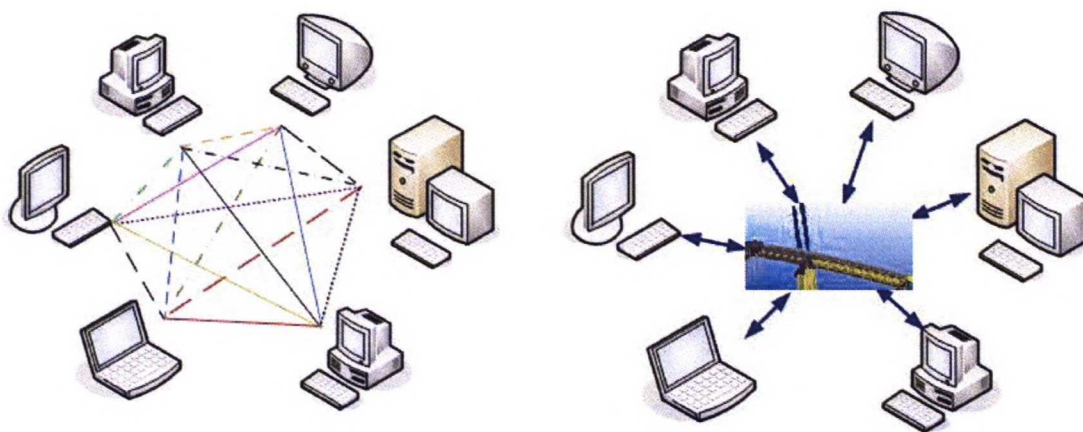
Tilaajat ympäri maailmaa muokkaavatkin tällä hetkellä sopimusasiakirjojaan, määrittämisään ja vaatimuksiaan sisällyttääkseen mallipohjaisia prosesseja ja tekniikkoja projekteihinsa niin paljon kuin mahdollista. Suomessa suurin osa talokohteiden tilaajista on testannut tai ottanut vakituisesti käyttöön tietomallintamisen osana projektitoimintaansa, ja saavuttanut sillä erittäin myönteisiä kokemuksia. Siltojen ja infran tietomallipohjaisen toteutus- ja ylläpitoprosessin on puolestaan todettu pystyvän kehittymään jopa pidemmälle kuin mihin talonrakennuksen puolella on päästy.

## **1.2 Tietomallipohjaisen tiedonhallinnan periaatteet**

Tiedonhallinta nykyisissä sillanrakennushankkeissa perustuu lähes kokonaan dokumenttipohjaiseen tiedonsiirtoon, jossa hankkeen osapuolet vaihtavat tietojaan piirustuksien, taulukoiden ja tekstiasiakirjojen avulla. Tyypillisesti sillansuunnittelija tuottaa suunnitelmistaan tarvittavan määrän A1- tai A2-kokoisia piirustuksia ja lähettää ne kopiolaitselle, joka edelleen tulostaa ja koostaa suunnitelmat tilaajalle tarkastettavaksi ja hyväksyttäväksi. Lisäksi tilaajalle toimitetaan sillansuunnitteluun vaadittavat muut asiakirjat kuten määräluettelot, kustannusarviot, siltakohtaiset laatuvaatimukset, työselitykset, työtapaehtotukset ja rakennelaskelmat. Dokumenttipohjaisessa tiedonsiirrossa tiedon päivittäminen on hankalaa ja muutokset täytyy tehdä jokaiseen hanketta koskevaan asiakirjaan toimijakohtaisesti erikseen. Lisäksi dokumenttipohjaisessa tiedossa on usein

inhimillisiä virheitä ja puutteita, joiden havaitseminen on hankalaa ja hidasta. (RIL 2002)

Kuvassa 1.1 on vasemmalla puolella esitetty pirstoutuneen dokumenttipohjaisen tiedonsiirron periaate, jossa tietoa ja dokumentteja siirretään sähköisesti osapuolelta toiselle. Todellisuudessa piirustuksia ja asiakirjoja toimitetaan myös paperilla, joten kuvan vasen puoli antaa jopa liian hyvän kuvan tiedonsiirron nykytilasta. Kuvan oikea puoli esittää puolestaan keskitetyn tietomallipohjaisen tiedonsiirron periaatetta, jossa eri osapuolet toimivat vain yhtä ja samaa tietomallia käyttäen. Tietomallipohjaisessa tiedonhallinnassa ohjelmistot tuottavat kaiken tarvittavan tiedon vakioimuotoisena siten, että kaikkien käyttäjien on mahdollista lukea tieto omiin järjestelmiinsä.



Kuva 1.1 Pirstoutuneen dokumenttipohjaisen ja keskitetyn tietomallipohjaisen tiedonsiirron eroavaisuudet (Rakennustieto 2011).

Yleisellä tasolla rakennushankkeen tietomallintamisella tarkoitetaan kokonaisvaltaista **mallipohjaista** tapaa hallita hankkeen tietoja digitaalisessa muodossa. Oleellista mallipohjaisessa tiedonhallinnassa on, että tieto voidaan sitoa täsmällisesti tiettyyn rakennusosaan ja palauttaa helposti käyttäjälle kommentoitavaksi tai muokattavaksi. Samalla mallista tuotetut kuvannot, esimerkiksi urakoitsijan käyttämät rakennuspiirustukset päivittyvät, eikä niiden välille voi muodostua ristiriitaisuuksia kuten dokumenttipohjaisessa tiedonhallinnassa. Tietomalli tarjoaa suunnitelmien muutostenhallintaan huomattavan parannuksen, koska jaettava tieto tallennetaan käytettävään tietokantaan vain kerran, minkä jälkeen tieto on prosessin eri osapuolten käytettävissä. (Sangyoon et al. 2008, 746; Manninen 2009)

Siltojen mallinnuksessa ja tässä työssä käytetään tietomallinnuksen lisäksi termiä **tuotemalli**, jolla halutaan korostaa yksittäistä siltaa varten tehtyä digitaalista siltasuunnitelmaa. Termi tietomallinnus on siten yleisnimitys kaikelle tietomallintamiselle, kun



taas tuotemallinnuksella ymmärretään jonkin tietyn sillan lopputuotetta ilman esikohoituksia tai muodonmuutosten ennakointia. **Toteutusmalli** on puolestaan rakennusosien valmistukseen tai työmaalla tehtävien rakentamistöiden ohjaukseen käytettävä ohjausmalli, joka on jatkojalostettu tuotemallista.

Tuotemallintamista ja sen tuomia etuja rakennusprosessissa on tutkittu lukuisissa alan akateemisissa tutkimuksissa. Tutkimustulosten perusteella on ilmeistä, että tiedonsiirtoon liittyviä ongelmia voidaan ratkaista tuotemallien avulla. Mallipohjaisen rakennusprosessin on todettu myös tuottavan merkittävän parannuksen projektin laatuun, tuottavuuteen ja asiakaslähtöisyyteen verrattuna dokumenttipohjaiseen tiedonhallintaan. Eri-tyisesti Lean-ajattelu on noussut esille monesti keskusteltaessa tietomallintamisen hyödyistä, vaikka rakennusala on käyttänyt termiä **Lean Construction** jo jonkin aikaa. Tuotemallien visualisointi on koettu monissa tutkimuksissa merkittäväksi parannukseksi nykyisiin toimintatapoihin verrattuna, sillä sen avulla vuorovaikutus niin tavallisten kansalaisten kuin projektin eri osapuoltenkin välillä paranee huomattavasti. Muita oleellisia tietomallintamisen tuomia etuja perinteiseen viivapiirtämiseen<sup>1</sup> verrattuna ovat suunnittelun tehostuminen ja nopeutuminen sekä rakennuksen elinkaaren parempi hallinta. Tietomallintamisen tuomien hyötyjen lista on pitkä ja kasvaa jatkuvasti, joten kaikkien hyötyjen listaaminen ei ole tässä tutkimuksessa tarkoituksenmukaista. Alan väittely tietomallintamisen hyödyistä onkin siirtynyt keskusteluun sen mahdollisimman nopeasta käyttöönotosta. (Laitinen 1998; Kiviniemi 2005; Manninen 2009)

Mallipohjaista tiedonhallintaa ei pidä sotkea digitaalisiin projektipankkeihin, joita on viime vuosina kehitetty tiedonhallinnan kokonaisprosessin parantamiseksi. Digitaalisissa projektipankeissa on tyypillistä, että dokumentteja tallennetaan ja jaetaan sähköisesti osapuolten kesken ilman, että toteutettavalla kohteella on mitään linkkiä olemassa olevan tiedon kanssa. Tietoja joudutaan usein etsimään monista eri dokumenteista, niiden välillä ei ole aina täyttä yksiselitteisyyttä eikä tieto ole automaattisesti tietokoneiden käsiteltävissä. (Manninen 2009, 16) Toiseksi mallipohjainen tiedonhallinta sekoitetaan erityisesti muualla maailmassa usein 3D-CAD-piirtämiseen, jossa mallit sisältävät vain geometrisia 3D-objekteja ilman, että niihin olisi sidottu rakennusosakohtaista tietoa. Myöskään 4D-mallinnusta ei pidä itsessään sotkea mallipohjaiseen tiedonhallintaan, jossa rakenteen geometrian ja aikataulun lisäksi jaetaan laajasti erilaista tuotetietoa läpi koko hankkeen elinkaaren. Kun jossakin ilmoitetaan käytettävän mallinnusta, on siis olennaista tarkistaa mitä tekijöitä taustalla on, ja mihin mallintamista itse asiassa käytetään.

---

<sup>1</sup> Viivapiirtämisellä tarkoitetaan 2D-CAD -piirtämistä, jossa rakenneosat eivät sisällä muuta kuin kaksiulotteista geometriatietoa.

Yhteistä mallipohjaiselle tiedonhallinnalle on projektin sisällön yksityiskohtainen määrittely ja tiedon luokittelu sen mukaisesti. Täten mallipohjainen tiedonkäsittely vaatii hyvin toimiakseen yhteisesti sovitut nimikkeistöt, joiden varaan tiedon määrittely ja tallentaminen on mahdollista tehdä. Infra-alaan liittyvää BIM-terminologiaa käsitelläänkin tällä hetkellä InfraBIM-nimikkeistö - ja InfraBIM-sanasto -kehityshankkeissa, jotka laajentavat Infra 2006 Rakennusosanimikkeistöä. Lisäksi sillansuunnittelun spesifistä tietomallisanastoa kehitetään 5D-silta3-hankkeessa. Tulevaisuuden tavoitteena on saada aikaan yhtenäinen numerointi- ja nimeämiskäytäntö, joka palvelee infrarakenteita ja tietomalleja koko elinkaaren ajan sen eri vaiheissa: lähtötietojen hankinnassa, suunnittelussa, toteutuksessa, toteuman mittauksessa ja ylläpidossa. (Manninen 2009; Valtonen 2011)

### 1.3 Julkisen alan hankintatoimi

Yleisesti hyvänä ja tehokkaana pidettyä hankintatoimea voidaan lähestyä kahdesta hyvin ristiriitaiselta näyttävästä näkökulmasta. Perinteisesti on ajateltu, että aggressiivinen kilpailuttaminen on ollut paras tapa saada tarjoajista kaikki hyöty irti. Toisaalta osittain tietomallintamisen mukanaan tuoma tiivis yhteistyö ja kumppanuus toimittajan kanssa ovat nykyisin myös tilaajan arvostamia hyötykohtia, joilla on merkittävä vaikutus laadukkaaseen lopputulokseen. Toisin sanoen tasapainoinen hankintatoimi yhdistää sekä kilpailuttamisen että yhteistyön vahvuudet. (Iloranta 2008, 127)

Julkinen ala on Suomen suurin taloussektori ja muodostaa siten erittäin merkittävän osan kansantaloudesta. Valtio, kunnat ja seurakunnat hankkivat tarvikkeita, tavaroita ja erilaisia palveluita noin 23 miljardin euron arvosta, josta rakentamisen investointihankintojen<sup>2</sup> osuus on noin 4,6 miljardia euroa. Julkisen tilaajayksikön hankintatoimea säätelee laki julkisista hankinnoista ja se on hyvin muototarkkaa toimintaa, joka vaatii syvällistä osaamista ja riittävästi resursseja. Jopa pienistä puutteista ja epäkohdista valiteetaan markkinaoikeuteen, mistä johtuen mallipohjaisen toimintatavan käyttöönottoon liittyy juridisia riskejä. Parhaillaan on meneillään myös koko Euroopan unionia koskeva hankintadirektiivin uudistus, jonka keskeisenä tavoitteena on yksinkertaistaa ja joustavoittaa nykyisiä hankintasääntöjä sekä parantaa pienten ja keskisuurten yritysten mahdollisuuksia osallistua julkisiin hankintoihin. Pk-yritysten haasteena on oman toiminnan kehittäminen vastaamaan tulevaisuuden hankintamenetelmiä, joissa tietomallinnus ja yhteistoiminta tulevat korostumaan. Euroopan komission tavoite on valmistella uusi hankintadirektiivi vuoden 2012 loppuun mennessä, jolloin se voitaisiin optimististen

<sup>2</sup> Rakentamisen investointihankinnat vuonna 2010, jotka sisältävät sekä korjaus- että uudisrakentamisen.



arvioiden mukaan implementoida Suomen hankintalakiin vuoden 2015 alkupuolella. (Rakennetekniikka 2012, 9–17)

Julkisten organisaatioiden hankintatavoilla ja yhteistyömalleilla on myös ensiarvoisen tärkeä rooli sekä alan tuottavuuden että yritysten innovatiivisuuden kehittämisen suhteen. Tavoitteena on standardoitu rakennusprosessi, joka madaltaa rakentamisen ketjun rajapintoja ja minimoi syntyviä hukkatekijöitä sillan koko elinkaaren ajan. Tähän perustuen alalle on muodostunut aivan viime vuosina kolme vallassa olevaa trendiä, joiden on todettu tuovan lisäarvoa erityisesti rakennushankkeiden tilaajille: tietomallinnus, tuottavuuden kehittäminen ja yhteistoimintamuotoiset urakat. Kaikilla näillä trendeillä on samansuuntaisia tavoitteita, ja niiden katsotaan sekä olevan toisiinsa kytköksissä että toimivan katalyytteinä toisilleen. Erityisesti yhteistoimintamuotoisen mallipohjaisen rakennusprojektin ja asiakaslähtöisyyden maksimoimisen on todettu mahdollistavan huomattavan tuottavuuden parantumisen, johtavan laadukkaampiin lopputuloksiin, yhtenäistävän rakentamisketjua sekä tehostavan tiedonkulkua.

Verrattaessa rakennusalaan ylipäänsä muihin teollisuudenaloihin voidaan huonon tuottavuuden ja hukan vaivaavan koko rakentamisen kenttää. Useiden teetettyjen tuottavuuskyselyiden<sup>3</sup> lopputuloksena on selvinnyt, että rakennusalan tuottavuus on jopa laskenut 1900-luvun lopulta samalla kun jotkin palvelualat<sup>4</sup> ovat pystyneet kasvattamaan tuottavuuttaan lähes 200 prosenttia (Yliherva 2006). Rakennusalaan pidetään lisäksi hitaasti muuttavana ja uudet innovaatiot huonosti hyödyntävänä alana. Yleisesti alaa leimaavat osapuolten eriävistä taloudellisista intresseistä johtuva heikko tai olematon yhteydenpito, hankkeiden monimutkaisuus ja ainutkertaisuus, ongelmat hankkeen tietojen yhteensovittamisessa sekä puutteet tuotantosysteemin kokonaissuunnittelussa. Alan ongelmana on, että parhaimpana ja edullisimpana toimintaprosessina pidetään sitä, mihin on harjaannuttu ja minkä varaan koko rakentamisketju on rakennettu.

Siltojen hankinta ei eroa merkittävästi muun julkisen rakentamisen hankinnasta, vaikka toimijoiden määrä Suomen silta-alalla on verrattain pieni. Liikennevirastossa on viime aikoina ollut suunta kohti yhä suurempia infrarakentamisen väylä- ja ratahankkeita, joissa sillat muodostavat oman osansa. Pääkaupunkiseudulla suurin osa uusista silloista on puolestaan kuulunut suuriin ja monimutkaisiin aluehankkeisiin. Toisaalta monissa kunnissa ja kaupungeissa rakennetaan myös yksittäisiä ja jotain tiettyä aluetta palvelevia siltoja, joilla pyritään usein alueen maineen kohotukseen. Lisäksi siltojen korjaustarve

<sup>3</sup> Suomessa ETLA ja VTT, Ruotsissa Bygghälsan ja USA:ssa Construction Industry Institute sekä CIFE.

<sup>4</sup> Esimerkiksi tietoliikenne, logistiikka ja teollisuus.

tulee kasvamaan nykyisestä siirtäen resursseja jo olemassa olevien siltojen uudistamiseen.

## 1.4 Tutkimusongelma, -kysymykset ja rajaukset

Tämän diplomityön tavoitteena on selvittää tietomallipohjaisen sillansuunnittelun hankintaprosessin nykytila ja tunnistaa prosessiin liittyvät suurimmat muutokset sekä kehitystarpeet siirryttäessä mallipohjaiseen hankintatoimeen. Tilaajan hankintamenetelmiä, -strategioita ja toteutusmuotoja vertaillaan keskenään ja arvioidaan niiden soveltuvuutta mallipohjaisen sillansuunnittelun hankintaan. Tilaajan mallipohjaista hankintatoimea kehitetään määrittämällä periaatteet mallipohjaisessa sillansuunnittelussa vaadittavien hankinta-asiakirjojen sisällön ja tarjousten arviointimenettelyiden laatimiselle.

Tietomallipohjaista sillansuunnittelun hankintaprosessia ei ole tieteellisellä tasolla vielä tutkittu. Tieteelliset tutkimukset ja kehitystyö ovat keskittyneet tietomallipohjaiseen suunnitteluun tai tuotannon ja suunnittelun integrointiin. Kansainvälisesti infra-alalla on tuotettu huomattavasti vähemmän tietomallintamiseen keskittyvää kirjallisuutta kuin talonrakennuksen puolella, joka on ainakin toistaiseksi mallipohjaisessa hankintatoimessa infra-alaa selvästi edellä. (Manninen & Kärnä 2012)

Tutkimusongelman keskeisin lähtökohta on muutos nykyisessä sillansuunnittelun hankintaprosessissa, minkä mallipohjaisten menetelmien, toimintatapojen ja työkalujen käyttöönotto tuo mukanaan. Samalla nykyisten hankintamenetelmien yksityiskohdat hankinta- ja suunnitteluasiakirjoihin tulevat muuttumaan lähitulevaisuudessa. Muutoksen myötä tilaajalle tarjoutuu mahdollisuus entistä tuottavampaan, tehokkaampaan ja paremmin koko sillan elinkaaren huomioivaan hankintatoimeen.

Ensimmäiseen tutkimusongelmaan liittyvä toinen ongelma on, että tilaajan on tiedettävä jo hyvissä ajoin ennen tarjouspyynnön lähettämistä, mitä se suunnittelun lopputuotteeltaan eli sillan tuotemallilta haluaa. Tilaaja määrittelee hankkeen toteutusmuodon ja asettaa sille toiminnalliset, tekniset ja laadulliset vaatimukset ja tavoitteet. Sopimusteknisesti tilaaja on niin ikään vastuussa rakennushankkeen hankintamenetelmästä, jota hankintalainsäädäntö ohjaa siltojen tilaajien hankintatoimen tapauksessa. Nykyään mallipohjaiset siltahankkeet ovat kuitenkin olleet lähinnä oma-aloitteisten suunnittelijoiden ansiota, ja niiden hankinta on hoidettu suoraan hankintana, jolloin suunnittelija on itse saanut vaikuttaa tietomallinnuksen tehtäviin ja tavoitteisiin. Tilaajille suuri haaste on siirtyä kilpailuttamaan siltakonsultteja ja määrittellä hankkeen mallinnusvaatimukset siten, että ne ovat molemmille osapuolille, ja myöhemmin myös urakoitsijalle, täysin selvät.



Mallipohjaista sillansuunnittelun hankintaa lähestyttiin aluksi kirjallisuustutkimuksen ja asiantuntijahaastatteluiden<sup>5</sup> avulla sekä tutustumalla alan yhteisiin kehitysprojekteihin. Tämän perusteella keskeisimmäksi tutkimuskysymykseksi muodostui:

1. Miten sillansuunnittelun hankintaprosessi muuttuu, kun suunnittelu tehdään tietomallipohjaisesti?

Tutkimuksen toinen osa muodostui teemahaastatteluista, joiden avulla pyrittiin syventämään tietämystä tietomallipohjaisen hankintaprosessin nykytilasta ja sen ongelmista. Teemahaastatteluja varten muodostettiin haastattelurunko<sup>6</sup> siten, että suunnittelun hankintaprosessin eri vaiheet tulivat tarkastelluiksi mahdollisimman monesta eri näkökulmasta. Teemahaastatteluissa esille tulleiden hankintaprosessin ongelmakohtien perusteella muodostettiin ensimmäiselle tutkimuskysymykselle alisteiset kysymykset, jotka olivat:

- 1.1. Miten eri hankintamenetelmät, -strategiat ja toteutusmuodot soveltuvat tietomallipohjaisen sillansuunnittelun hankintaan?
- 1.2. Mitä seikkoja tietomallipohjaisen sillansuunnittelun hankinta-asiakirjoihin tulee sisällyttää ja miten tarjoukset tulee pisteyttää?

Tutkimus rajattiin koskemaan sillan ja taitorakenteiden suunnittelun tietomallipohjaisia hankintamenettelyitä eri suunnitteluvaiheissa. Infra- ja talonrakennusosalalla tehtyjen kehityshankkeiden tuloksia on pyritty hyödyntämään ja nivomaan yhteen työn tutkimusongelmaa silmällä pitäen. Työtä tehdessä on pyritty huomioimaan myös muut käynnissä olevat ja jo valmistuneet diplomityöt, jotta suurimmilta päällekkäisyyksiltä niiden kanssa välttyttäisiin. Tästä syystä työn painopiste on sillansuunnittelun hankinnassa, siinä missä sillansuunnittelu- ja urakointiprosesseja on ainoastaan sivuttu. Lukijan on hyvä muistaa, että sillansuunnittelun tilaaja voi olla niin omistaja, rakennuttaja kuin yksityinen urakoitsijakin riippuen toteutusmuodosta.

Työssä ei luoda uutta hankintamallia, vaan analysoidaan ja vertaillaan jo olemassa olevien hankintamenetelmien soveltuvuutta mallipohjaiseen sillansuunnittelun hankintaan. Työssä ei myöskään syvennytä yksityiskohtaisesti mihinkään hankintatoimen erityisosa-alueeseen, vaan käsitellään hankintaprosessia ja sen vaiheita kokonaisuutena.

---

<sup>5</sup> Asiantuntijahaastatteluilla tarkoitetaan tässä yhteydessä diplomityön ohjausryhmän palavereja ja keskusteluja alan asiantuntijoiden kanssa.

<sup>6</sup> Haastattelurunko on liitteenä B.

## 1.5 Tutkimusmenetelmä

Tutkimus oli metodiikaltaan kvalitatiivinen eli laadullinen. Työn empiirisessä osassa pyrittiin muodostamaan kokonaisvaltainen kuva mallipohjaisen hankintaprosessin kulta alan ammattilaisten eri näkökulmien ja kokemusten sekä omien ajatusten ja havaintojen perusteella. Akateeminen ja teoreettinen tutkimus pohjautui pääosin poikkitieteellisesti Aalto-yliopiston rakennustekniikan ja tuotantotalouden laitosten kirjallisuuteen ja kirjallisuuden kirjoittaneiden tutkijoiden haastatteluihin. Alan käytännön näkökulma perustui puolestaan ammattitoimintaan WSP Finland Oy:n siltayksikössä, käytyihin keskusteluihin WSP:n silta- ja talosuunnittelijoiden ja työn ohjausryhmän kanssa sekä tehtyihin teemahaastatteluihin. Lisäksi 5D-Silta- ja Infra FINBIM -projektit tukivat omalta osaltaan alan käytäntöjen ja tietomallinnusnäkökulman yhteensovittamista.

Tiedonkeruumenetelminä tässä tutkimuksessa käytettiin kirjallisuusanalyysiä, tietomallintamista käsitteiden julkaisuiden ja artikkeleiden deskriptiivistä referointia, toteutuneiden case-kohteiden analysointia sekä puolistrukturoitua teemahaastattelua. Haastattelut muodostivat tärkeimmän osan työn empiriasta, ja olivat siten keskeisessä osassa tutkimusta tehdessä. Teemahaastattelu on tiedonkeruumenetelmänä kvalitatiivinen, ja siinä edetään tutkittavien kokemusten ja näkökulmien avulla kohti yleistystä. Kvalitatiiviselle tutkimukselle on tyypillistä myös vähäinen numeroiden käyttö, ainakin aineiston keräämisvaiheessa. Hirsjärvi ja Hurme (2001, 43) määrittelevät teemahaastattelun seuraavasti:

*Teemahaastattelun lähtökohtana on se, että haastateltavilla on kokemuksia tutkijan kartoittamaan aihealueeseen liittyen. Ennen tutkimukseen liittyvää haastatteluosuutta tutkijan on selvitettävä itselleen aihealueen tärkeitä osia, rakenteita ja näihin liittyvää kokonaisuutta. Lisäksi tutkijan tulee selvittää aiheen keskeiset seikat ja muodostaa haastattelun runko. Siten runkokysymykset tulee suunnitella etukäteen ja läpikäytävien aiheiden tulee olla ennalta tarkasti harkittuja ja valittuja. Kysymyksiä tai vastausvaihtoehtoja ei haastateltavalle kuitenkaan anneta, vaan haastattelijan tulee taltioida haastattelu ja tehdä mahdollisimman tarkat muistiinpanot haastattelun aikana. Haastattelun taltioiminen niin hyvin kuin mahdollista on erittäin tärkeää, sillä kaikki haastattelussa esiin tulevat tulkinnot ja merkitykset ovat olennaista tietoa tutkimusaineistoa analysoitaessa. Teemahaastattelu on puolistrukturoitu haastattelu ja on huomattavaa, että kyseessä on nimenomaan vuorovaikutustilanne.*



Tiedon keräämiseksi tehtiin 12 teemahaastattelua<sup>7</sup>, jotka toteutettiin kevään 2012 aikana edellä olevan määrittelyn mukaisesti. Haastateltaviksi valittiin alan asiantuntijoita, jotka ovat toimineet eri rooleissa mallintamisen parissa, tai joilla on vahva kokemus suunnittelupalveluiden eri hankintamenettelyistä. Haastateltaville lähetettiin haastattelukysymykset etukäteen, ja haastatteluissa keskityttiin niihin aihealueisiin, joista haastateltavilla oli eniten kokemuksia. Haastattelutuloksissa on huomattavaa, että ne ovat suurelta osin henkilöiden mielipiteitä ja visioita, sillä alan yhteiset kokemukset ovat vielä hyvin rajoittuneita.

Haastattelujen kesto vaihteli välillä 45–120 minuuttia, ja ne olivat selvästi vuorovaikutteisia tilanteita. Poikkeuksen tekivät videohaastattelu Australiaan ja puhelinhaastattelu, joissa eleistä ja vartalonliikkeistä ei voinut tehdä päätelmiä. Haastattelut litteroitiin, ja ne lähetettiin tarkistettavaksi ja kommentoitavaksi vielä haastatelluille henkilölle mahdollisten lisäkysymysten kera. Haastattelujen tärkeimmät tulokset ja havainnot ovat kirjoitettu työn sisälle siten, että haastattelujen osallisuus tulee kyseenomaisista kohdista ilmi.

---

<sup>7</sup> Esitetty liitteessä A.

## 2 Kehityshankkeiden tulokset ja kokemukset

Tässä luvussa käydään läpi alalla tehty tämän työn kannalta keskeisimmät kehityshankkeet ja arvioidaan niistä saatuja tuloksia tutkimusongelmaa silmällä pitäen. Casekohteista on niin ikään esitetty vain oleelliset tutkimusongelmaa käsittelevät seikat. Luku kuvaa samalla tietomallintamisen ja rakennusalan hankintatoimen historiaa, kehitystä sekä nykytilaa.

### 2.1 Rakennusalan tietomallintamisen kehityshankkeet

#### 2.1.1 Built Environment Process Re-engineering

RYM Oy:n vuosina 2010–2013 toteutettavan PRE-tutkimusohjelman tavoitteena on luoda kiinteistö-, rakennus- ja infra-alalle täysin uusia toimintatapoja ja liiketoimintamalleja. PRE-ohjelman budjetti on 21 miljoonaa euroa ja siinä on mukana 43 osapuolta, 37 yritystä ja 6 tutkimuslaitosta edustaen Suomen huippuosaamista sekä tutkimuksen että elinkeinoelämän osalta. Tietomallintamisen hyödyntämismahdollisuuksia selvitetään monesta näkökulmasta: sekä teollisen rakentamisen ja infra-alan toimitusketjussa että kiinteistöjen elinkaaren hallinnassa ja yhdyskuntasuunnittelussa. Infra FINBIM on yksi PRE-ohjelman kuudesta temaattisesta työpaketistä, jonka tavoitteena on systeemin muutos, jossa siirrytään perinteisestä vaiheajattelusta älykkääseen koko elinkaaren ja kaikki osa-alueet, toimijat ja toiminnot kattavaan tietomalleja hyödyntävään palvelutuotantoon. (Infra FINBIM 2012)

Infra FINBIM on pilkottu edelleen kuuteen alatyöpakettiin:

- alatyöpaketti AP1, hankintamenettelyjen kehittäminen
- alatyöpaketti AP2, rajapintojen ja standardien kehittäminen
- alatyöpaketti AP3, suunnittelun ja rakentamisen uudet prosessit
- alatyöpaketti AP4, kommunikointi ja yhteistyö
- alatyöpaketti AP5, pilottien seuranta
- alatyöpaketti AP6, teknologiat. (Infra FINBIM 2012)

Tämän työn kannalta Infra FINBIMin alatyöpaketti AP1 on tärkein PRE-ohjelman alatyöpaketeista, sillä alatyöpaketissa kehitetään mallipohjaisia hankintamenetelmiä koko infra-alalla. Tämän työn tavoitteet ja sen tärkeimmät tulokset esiteltiin alatyöpaketti AP1:n kokouksessa 24.5.2012, jossa osallistujilta kerättiin myös palautetta työtä koskien. Työn on tarkoitus toimia osaltaan pohjana alatyöpaketti AP1:n jatkokehitykselle.



InfraTimantti on puolestaan VTT:n johtama Infra FINBIMiin liittyvä tutkimushanke, jonka aiheena on tietomallitekologiaa hyödyntävät infraprosessit (Infra FINBIM 2012). InfraTimantti-hanke käsittelee laajasti koko infraklusteria tilaajan hankintatoimen näkökulmasta, mutta esiselvityksen tulokset ovat erittäin käyttökelpoisia myös silta- ja taitorakenteiden osalta. InfraTimanttia varten tehtiin kattava esiselvitys, josta esitetään seuraavassa tämän työn kannalta keskeisimmät tulokset.

InfraTimantti-hankkeen esiselvityksen lähtökohtana on ollut se, että tietomallinnuksen kehittämistä ja käytäntöön viemistä tarkastellaan toimintaprosessien uudistumisen sekä liiketoiminnan tarpeiden ja mahdollisuuksien kautta. Käyttöönoton edellyttämiä teknisiä haasteita ja tietojärjestelmien nykytilaa on tarkasteltu siten infran tilaajien hankintamallien nykyisiä käytäntöjä ja tulevaisuuden odotuksia silmällä pitäen. Tutkimuksessa on samaan aikaan kartoitettu esimerkkejä tietomallintamisen ja tiedonhallinnan parhaista käytännöistä sekä infra- että talonrakennusosalalla. (Hyvärinen 2010, 6)

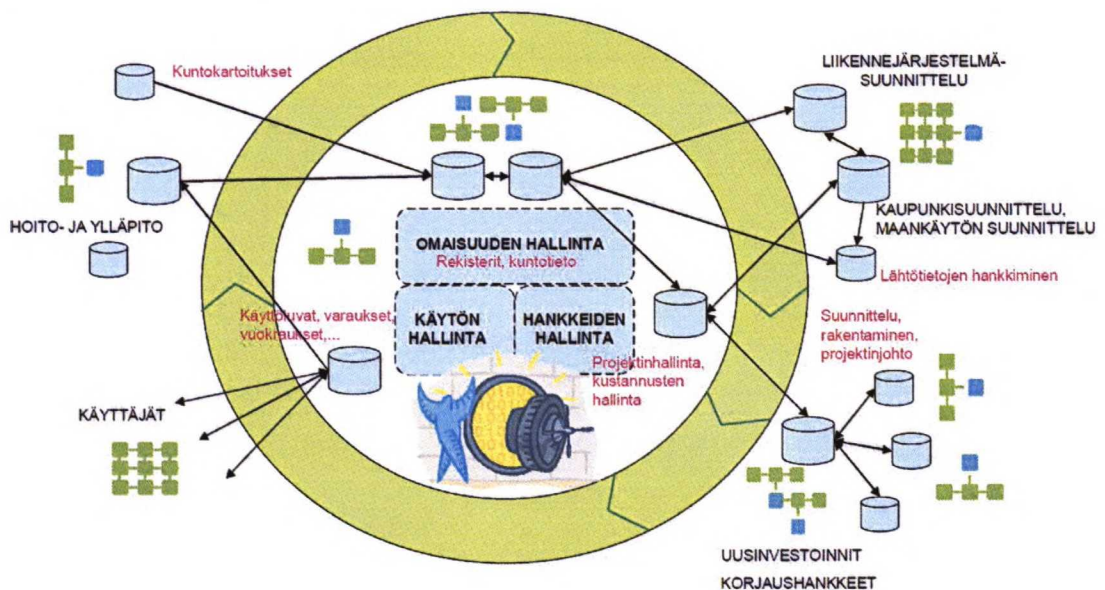
Esiselvityksessä havaittiin ongelmia koskien infran tilaajien hankintatoimea. Ensiksikin tilaajan etäännyminen suunnittelijoista ja rakentajista koettiin pulmalliseksi, sillä tilaajan edustajat hoitavat usein vain kilpailuttamista ja päätöksentekoa, ja etäännyvät siten itse lopputuotteesta. Toiseksi suunnittelijan, rakentajan ja tilaajan yhteydenpito ja vuorovaikutus toistensa kanssa koettiin puutteelliseksi erityisesti perinteisissä pääurakkaa käyttävissä hankkeissa. Kolmanneksi eri osapuolten valmius ja halukkuus uusiutumiseen vaikuttivat heikoilta, mikä puoltaa yleistä käsitystä rakennusalan yleisestä muutosvastarinnasta. Viimeisenä merkittävänä ongelmana nousi esille, että urakoitsijat mielsivät suunnittelun pelkäksi rakennussuunnitteluksi, kun taas tilaajat viittasivat yleis- ja väyläsuunnitteluvaiheisiin pelkkänä hallinnollisena vaiheena. (Hyvärinen 2010, 8–9) Tämän perusteella julkisen alan yhteistyön, tietomallintamisen ja innovatiivisten hankintamettelyiden testaaminen ja tutkiminen on hyvin perusteltua.

Toteutusmuodoista esiselvityksessä todetaan, että perinteiset kokonaishintaiset pääurakat ovat ylivoimaisesti eniten käytettyjä nyt ja lähitulevaisuudessa, siinä missä suunnittelun tilaamisessa käytetään paljon myös erilaisia puitesopimuksia. Uudet hankintamuodot ovat liittyneet suurimpiin hankkeisiin ja ovat lähinnä isojen urakoitsijoiden suosimia, koska he näkevät niissä mahdollisuuksia itselleen syrjäyttämällä kilpailusta pienet yritykset, joilla ei ole resursseja tai osaamista kyseisiin toteutusmuotoihin. Suurimmat odotukset sisältyivät elinkaarimalliin ja suunnittele-toteuta-ylläpidä-malliin, jossa urakoitsijalla on vähintään 15 vuoden ylläpitovastuu. Kunnissa uusien hankintamuotojen arvioitiin soveltuvan parhaiten isoimpien hankkeiden – kuten esimerkiksi uusien aluehankkeiden – toteuttamiseen.

Toteutusmuotojen epäinnovatiivisuuden todettiin yksimielisesti johtuvan osittain tiukasta hankintoja rajoittavasta hankintalaista ja jäykistä lakimääräisistä prosesseista, jotka johtavat tarvittavien vapausasteiden puuttumiseen. (Hyvärinen 2010, 10–11) Teema-haastattelujen perusteella myös yhteistoimintamuodot ja erityisesti allianssimalli vaikuttavat erittäin lupaavilta toteutusmuodoilta nimenomaan suurissa ja monimutkaisissa hankkeissa.

Tilaajan ja infran omistajan näkökulmasta kehityksen painopisteen tulisi olla omaisuuden hallintaan liittyvissä rekistereissä sekä hallinnollisiin prosesseihin ja talouteen, kuten projektinhallintaan ja toiminnanohjaukseen, liittyvissä ohjelmistoissa. Kuvassa 2.1 on esitetty infranpidon hallinnan jakautuminen kolmeen tunnistettuun pääalueeseen: omaisuuden hallintaan, omaisuuden käytön hallintaan ja hankkeiden hallintaan. Olen-naista omaisuuden hallinnassa on parantaa tietoisuutta omaisuuden määrästä ja kunnos-ta. Tätä kautta tavoitteena on myös perustaa päätökset objektiiviseen tietoon mielipide-päätösten sijaan, ja mahdollistaa optimaalinen ja perusteltu niukkojen budjettien kohdis-taminen hankekohtaisesti.

Valtakunnallisella tasolla infran omistajien omaisuuden hallintaa vaikeuttaa se, että osaaminen kunnissa on jakautunut vain harvoille ihmisille, minkä seurauksena myös-kään kuntien tiedonhallinnan rekisterit eivät ole yhtenäiset. Ongelmaksi koettiin myös puutteet nykyisissä prosesseissa ja tiedonsiirrossa, sillä tieto ei siirry täydellisenä vai-heesta toiseen, vaan sitä joudutaan tuottamaan uudestaan eri muodoissa. Lisäksi proses-sit eivät nyky muodossaan mahdollista tietoteknisten välineiden tehokasta hyödyntämis-tä. Pulmalliseksi koettiin niin ikään se, että tilaajaosapuolilta puuttuu yhtenäinen strate-gia tiedonhallinnan käyttönotossa ja sen kehittämisessä. (Hyvärinen 2010, 12–14)



Kuva 2.1 Infra-alan tiedonhallinnan kokonaisuus. (Hyvärinen 2010, 19)



Tiedonhallinnan yhtenäisten käytäntöjen luominen ja noudattaminen osoittautui hyvin tärkeäksi niin tilaajan, suunnittelijan kuin urakoitsijankin kannalta, sillä jokainen osapuoli tekee työtään omasta lähtökohdastaan ja omien intressiensä mukaisesti. Jotta jokainen osapuoli voi toimia omien intressiensä mukaisesti, on tärkeää, että kaikki myös ymmärtävät sovitut pelisäännöt ja sen, kuka tarvitsee mitäkin tietoa ja mihin. Yhteisesti tulee ainakin sopia missä tilanteissa tietoa osapuolten välillä on siirrettävä, mikä on tarvittavan tiedon sisältö, ja missä formaatissa se toimitetaan. (Hyvärinen 2010, 14–21)

Esiselvityksen johtopäätöksenä tunnistettiin kahdeksan tietomallintamisen kehitystehtävää yhteisymmärryksessä infran tilaajaosapuolten kanssa:

- kaikkien rakennusprojektin osapuolten yhteistoiminnan lisääminen ilman, että yksikään toimijataho jää jälkeen yhteisestä kehityksestä
- tietomallintamisen hyödyntäminen yhdyskuntatasoisissa päätöksenteoissa
- tilaajien tarpeiden jäsentäminen tiedonhallinnan, hankinnan ja projektitoiminnan ohjauksen näkökulmasta
- lähtötietorekisterin yhtenäistäminen eri tilaajien kesken omaisuuden nykytilan ja olemassaolon sekä maastomallien ja pohjasuhdetietojen osalta
- tietomallinnuksen ja prosessien tuen sekä koulutuksen kehittäminen kaikissa alan organisaatioissa
- tietomallipohjaisten projektien testaaminen piloteilla
- tietomallintamisen vaikuttavuuden ja hyödyllisyyden mittaaminen numeerisilla ja kvalitatiivisilla parametreilla
- alan kyvykkyyksien kehittymisen havainnointi seurantamatriisien avulla. (Hyvärinen 2010, 48–50)

### 2.1.2 Älykäs silta ja 5D-silta-projektit

Siltojen tuotemallintamisen määrätietoisin kehittäminen Suomessa voidaan katsoa alkaneen Älykäs silta -projektista, joka toteutettiin vuosina 2001–2004. Projektiryhmään koottiin edustajia tilaaja-, suunnittelu-, laitevalmistaja-, ohjelmistokehittäjä- ja toteuttajaorganisaatioista, ja rahoitusta saatiin projektiryhmän lisäksi myös TEKESiltä. Projektin tavoitteena ei niinkään ollut vielä siltojen tuotemallintaminen vaan kehittää teräsbetonisiltojen puhdasta 3D-suunnittelua ja -mittausprosessia. Projektin johtopäätöksenä oli, että uuteen 3D-toimintamalliin on erittäin perusteltua siirtyä, ja että siitä seuraa suoraan teknistä ja taloudellista hyötyä sekä sillansuunnittelussa että urakoinnissa. Jatkokehitystavoitteena nähtiin puhtaan 3D-geometriamallin täydentäminen myös muuta tietoa sisältäväksi sillan tuotemalliksi. (Tiehallinto 2005)

3D-suunnitteluun siirtyminen havaittiin erityisen hyväksi, koska se parantaa sillan geometrian hallintaa. Juuri sillan geometriatiedon tarkan hallitsemisen on todettu olevan koko sillanrakennusprosessin keskeisimpiä avaintehtäviä sekä sillansuunnittelussa että sen rakentamisessa. Projekti loi vahvan pohjan sillansuunnittelun uusien pursotustyyppisten mallinnustyökalujen käyttöönotolle, jotka ovat ottaneet valta-aseman myös tänä päivänä useimmissa teräsbetonisiltojen mallinnusohjelmissa. Pursotustyökalujen avulla tiegeometria voidaan lukea suoraan ohjelmistoihin ja pursottaa sillan kansi mittatarkasti paikalleen käyttäen esimerkiksi tien tasausviivaa ohjausviivana. Kolmiulotteinen suunnittelu mahdollistaa geometriatietojen kokonaisvaltaisen hallitsemisen spatiaalisesti eli kolmessa eri suunnassa. (Tiehallinto 2005)

3D-mittausprosessin suurin hyöty on suora tiedonsiirtoyhteys sillansuunnittelusta työmaan mittaussuunnitteluun ja mittauksiin. Robottitakymetreihin voidaan lukea suoraan sillan 3D-geometriamalli ja mitata sillä paikalleen sillan eri pisteet, kuten esimerkiksi paalujen merkkipisteet ja muottien kulmapisteet. Laserkeilauksen tuottaman pistepilven todettiin soveltuvan kokeiden perusteella erinomaisesti muottien ja siltojen tarkastusmittauksiin. Lisäksi kokemukset laserkeilauksen käytöstä sillan lähtötietojen mittaamiseksi olivat hyvin positiivisia. (Tiehallinto 2005) Tilaaajan ja suunnittelijan kannalta on oleellista, että mittaukseen automatisoituessa myös piirustuksien sisältövaatimukset tulevat muuttumaan. Esimerkiksi manuaalisesti syötetyt raskaat ja vaikeaselkoiset mittapistetaulukot tulevat ennen pitkää poistumaan suunnitelmapiirustuksista.

Vuosina 2004–2007 toteutettu siltojen *tuotemallintamisen ja rakentamisautomaation kehittäminen* eli 5D-silta-projekti oli jatkoa Älykäs silta -projektille. Tavoitteena oli 3D-laserkeilauksen ja GPR-tutkausten kehittäminen, mittaustulosten ja tiegeometrian siirtäminen 3D-tuotemallintamiseen sekä tuotemallintamiseen perustuvan sillansuunnittelun kehittäminen ja tehostaminen. 5D-suunnittelulla tarkoitetaan useimmiten spatiaalisen 3D-koordinaatiston lisäksi neljännen ulottuvuuden eli ajan ja viidennen ulottuvuuden eli kustannusten huomioimista, vaikka 5D-silta-projektissa kyse olikin enemmän projektinimestä. Projektin loogisia kehityskohteita olivat siten tuotemallin monipuolinen hyödyntäminen rakennusprojektin määrä- ja kustannuslaskennassa, aikatauluttamisessa, hankintojen suunnittelussa ja ohjauksessa sekä rakentamista ohjaavissa ja tarkastavissa 3D-mittauksissa. (Heikkilä 2008)

Projektin tulokset tukivat entisestään jo Älykäs silta -projektista saatuja tuloksia. 3D-laserkeilauksen todettiin tehostavan ja tarkentavan siltapaikan geometrisia mittauksia sillanrakentamistöiden eri vaiheissa ja tuottavan huomattavasti laajemman lähtötietomallin erityisesti siltojen korjaussuunnittelua varten. Projektissa saatiin myös ensimmäisiä tuloksia 3D-tuotemallintamisen hyödyistä suunnitteluprosessissa suunnitteluvirhei-



den vähenemisen, muutostenhallinnan helpottumisen ja suunnittelusta suoraan saatavan visualisoinnin keinoin. 5D-teknologian todettiin lisäksi hyödyttävän urakoitsijaa edellä mainittujen projektin kehitystavoitteiden osalta ja parantuneella kommunikoinnilla suunnittelijan kanssa. Tilaajan todettiin myös hyötyvän tuotemallista, jota voidaan käyttää sekä suunnitelmien tarkastamiseen että myöhemmin ylläpito- ja korjausvaiheeseen. (Heikkilä 2008)

Älykäs silta - ja 5D-silta-projekteista saadut hyvät kokemukset loivat pohjan vuosina 2007–2010 toteutetulle *siltojen rakentamisen, korjaamisen ja kunnossapidon automaation kehittämisprojektille* eli 5D-silta2-projektille. Projekti toteutettiin sateenvarjohankkeena, johon kuului Oulun yliopiston koordinointiosuus, kuusi yhteiskehitysprojektia ja yhdeksän yritys vetoista tuotekehitysprojektia. Lisäksi projekti teki kansainvälistä yhteistyötä Kalifornian yliopiston siltatutkauksen tutkimusprojektin<sup>8</sup> kanssa. (Heikkilä 2011) Tämän diplomityön kannalta projektissa tehty työ on merkittävä, sillä juuri 5D-silta2-projektin aikaansaannoksena syntyi ensimmäisiä merkittäviä tuloksia tietomallipohjaisten hankintamenetelmien käyttöönottamiseksi sillansuunnittelussa. Toisaalta tämän diplomityön voidaan katsoa olevan myös jatkoa 5D-silta2-projektille yhdessä 5D-silta3-projektin ja Infra FINBIM -hankkeen kanssa.

5D-silta2-konsortion yhteiskehitysprojekteista Bridge Finland -projektin keskeisin tavoite oli siltojen yhteisten tuotemallintamisohjeiden ja piirustusdokumenttien kehittäminen eli niin sanottu SILTA-SUOMI-ympäristö. Bridge Finland -projektin lopputuloksena julkaistiin huhtikuussa 2011 ensimmäinen versio **Siltojen tietomalliohjeista**, jotka sisältävät ohjeita yhtenäisten toimintatapojen luomiseksi mallien käytölle suunnittelussa, työmaavaiheessa ja ylläpidossa. (Heikkilä 2011) Seuraavassa luvussa käsitellään tarkemmin Siltojen tietomalliohjetta.

Työn kirjoitushetkellä käynnissä oleva *siltojen informaatio- ja automaatioprosessin sekä -toimintaympäristön kehittäminen* eli 5D-silta3-projekti on suoraa jatkoa edellä esitetyille tutkimusprojekteille. Projektin tärkeimpiä tavoitteita ovat siltojen tuotemallintamista ja automaatiota tukevien hankintamenetelmien, ohjeistuksen, tarkastuksen ja lähtötietojen mittausten kehittäminen. Lisäksi projektissa kehitetään 3D-tuotemallintamiseen perustuvaa suunnittelua, automaattisia työmaamittauksia, 3D-tuotemallin hyödyntämismahdollisuuksia siltojen ylläpidossa ja hoidossa sekä kaikkien näiden kehitystavoitteiden systemaattista käyttöönottamista.

---

<sup>8</sup> UC Davis, Bridge GPR Research Project

Tämä työ tehtiin yhteistyössä 5D-silta3-projektin kanssa, ja työn tuloksia esiteltiin myös projektin johtoryhmän kokouksessa. Projektista saadut huomiot ja projektin sisällä käyty keskustelut olivat merkittävässä roolissa muodostettaessa kokonaisvaltaista kuvaa tietomallintamisen nykytilasta sillansuunnittelussa.

### 2.1.3 Siltojen tietomalliohje

Siltojen tietomalliohje on tilaajan näkökulmasta tärkein olemassa oleva dokumentti hankittaessa mallipohjaista sillansuunnittelua. Siltakonsulteille ohje luo puolestaan yhteiset kansalliset pelisäännöt ja perustan, jonka varaan heidän on mahdollista kehittää omia mallinnuskäytäntöjään. Huhtikuussa 2011 käyttöön otettua ohjetta testataan nyt lukuisten pilottiprojektien avulla, ja esimerkiksi Infra FINBIMissä on käynnissä 27 pilottia, joista saatavien kokemusten perusteella ohjetta kehitetään edelleen. Tavoitteena on, että tulevaisuudessa Siltojen tietomalliohjetta voisi soveltaa sillan koosta ja tyypistä riippumatta jokaisessa siltahankkeessa. (Liikennevirasto 2011b)

Siltojen tietomalliohjeen ensimmäinen versio on tehty varsin yleisellä tasolla ja se jättää sillansuunnittelijalle vielä verrattain paljon vapauksia. Erityisesti ohjelmistojen asettamat rajoitteet, nimikkeistön puuttuminen ja ongelmat avointen tiedonsiirtoformaattien käytössä määräävät sen, ettei tuotemalleille voida luoda vielä eksakteja vaatimuksia jokaiseen suunnitteluvaiheeseen. Lisäksi ohje jättää paljon asioita sovittavaksi hankekohdaisesti, minkä vuoksi myöskään siltojen tuotemallit eivät ole yhtenäisiä siltakonsulttien välillä. Mallintaja joutuu usein itse arvioimaan, mitä tarkoituksenmukaisuus ja hyvä mallinnustapa kussakin mallinnuksen osatehtävässä tarkoittaa. Joka tapauksessa ohjeen ensimmäinen versio on tärkeä dokumentti nyt pilotoitavissa projekteissa, joiden tulosten perusteella ohjetta kehitetään jatkossa.

Ohjelmistojen asettamia rajoitteita ja siltojen tuotemallintamisen kipukohtia käsiteltiin myös 5D-silta3-projektin workshopissa 22.3.2012 silta-alan tietomallintamisen kärkeäsaajien kesken. Rakennussuunnittelmatason tuotemalleja on Suomessa tehty tietävästi Tekla Structures -, Solidworks-, ja Autodesk Revit -ohjelmistoilla, joista saadut mallit ovat yhdistetty maarakenne- ja väylämalleihin. Workshop keskittyi pääosin käsittelemään Tekla Structuresia, joka on eniten käytetty ohjelmisto siltojen tietomallintamisessa. Teklan suurimmat puutteet liittyvät geometrian esittämiseen murtoviivoina, raudoitteiden mallintamiseen ja objektien kiertymiseen silloin, kun x-, y- ja z-koordinaatit muuttuvat päätepisteiden välillä. Olisi parempi, jos muun muassa sillan kansi voitaisiin mallintaa kiinteänä 3D-objektina, jonka geometria seuraisi matemaattisesti ohjausviivaa. Toisaalta urakoitsijat eivät koe haastattelujen perusteella tätä mittaepätarkkuutta



ongelmaksi, sillä mittaustyön todettiin helpontuvan ja pysyvän paremmin toleranssien sisällä koneohjauksen myötä.

Mikäli tuotemallissa on puutteita tai poikkeamia sovitusta mallin sisällöstä, niistä tulee kertoa tietomalliselostuksessa, joka luovutetaan mallin yhteydessä ja arkistoidaan mallin mukana. Malliselostus on hyvin tärkeä osa tuotemallia, ja siinä tulee olla tarkka kuvaus mallin sisällöstä ja suoritetusta laadunvarmistuksesta luovutushetkellä. Malliselostuksessa on toistaiseksi myös kerrottava, miten rakennusosat on nimetty ja numeroitu, sillä yhteinen Infra 2006 -rakennusosanimikkeistöön perustuva InfraBIM-nimikkeistö on vasta tekeillä. Käytetyn mallinnustavan ilmoittamista malliselostuksessa ei toistaiseksi suoraan vaadita, mutta jatkoon kannalta olisi hyvä, että tämä otettaisiin käytännöksi. Myös YTV 2012 -ohjeistuksessa vaaditaan käytettyjen mallinnustapojen ilmoittamista siltä osin, kun tavanomaiset mallinnustyökalut eivät ole olleet riittäviä. On oletettavaa, että siltojen mallintamisen osalta eri ohjelmistojen erikoistyökaluja tulee enemmän käyttöön kuin talopuolella, jossa rakenneosien esivalmistusaste on huomattavasti suurempi. Muun muassa pursotustyökalujen käytölle ja mittatarkkuudelle tarvittaisiin ohjeistusta, sillä vallitsevilla mallinnustyökaluilla silta pursotetaan ohjausviivasta muodostetun murtoviivan perusteella. Näin ollen sillan poikkileikkaus on mittatarkka vain niissä pisteissä, joiden kautta silta on pursotettu.

Mallintamisen läpiviennin kannalta on siis toistaiseksi hyvin olennaista sopia hankekohdaisesti mallin sisältövaatimuksista, osapuolten tehtävistä ja eri osapuolille toimitettavan aineiston sisällöstä siten, että ne tulevat kaikille osapuolille selviksi. Siltojen tietomalliohjeeseen on näiden asioiden helpottamiseksi laadittu taulukko<sup>9</sup> eri suunnitteluvaiheissa suositeltavaksi tietomallin sisällöksi sekä laajempi listaus hankekohtaisesti sovittavista asioista. Nämä ovat nousseet tärkeimmiksi päivitettäviksi asioiksi, jotta siltojen tuotemallintaminen saataisiin standardisoitua ja sitä myötä täysimittaisena käyttöön.

Liitteen C taulukossa on vaatimukset keskeisimmistä mallinnettavista rakenneosista, mutta se on huomattavasti suurpiirteisempi kuin Liikenneviraston voimassa oleva ohje Siltojen suunnitelmat (Tiehallinto 2000), jossa määritellään rakennepiirustuksien tarkat sisältövaatimukset suunnitelmavaiheittain. Taulukko on vielä puutteellinen sovellettavaksi kaiken kokoisiin ja tyyppisiin siltoihin, ja sen päivitystyö on parhaillaan käynnissä 5D-silta3-työryhmässä. Tavoitteen mukainen tilanne olisi, että kaikilla siltakonsulteilla olisi selvä ja yksiselitteinen käsitys siitä, miten ja millä tarkkuudella kussakin suunnitteluvaiheessa mallinnetaan. Taulukosta puuttuu esimerkiksi mallinnusohjeet rautatiesiltojen varustuksille, rakennusosien käsittelylle, saumausrakenteille ja kaapeleiden läpi-

---

<sup>9</sup> Taulukko on kokonaisuudessaan esitettyä liitteessä C.

vienneille. Teräsrakenteiden mallintaminen vaatisi myös tarkentamista, sillä muun muassa hitsausviisteiden ja notsikolojen mallintamisesta ei ole annettu ohjeistusta.

Näiden ohella tärkein määritettävä mallinnusvaatimus on loogisen rakenneosanimikkeistön ja laatujärjestelmän linkittäminen malliin. Tällä hetkellä tuotemalliin pohjautuvaa automatisoitua kustannusarviota ja laatujärjestelmän määrittelyä ei ole ohjeistettu tekemään, joten Infra 2006 Rakennusosanimikkeistön mukainen kustannusarvio on toistaiseksi tuotettava manuaalisesti mallin liitteeksi. Useimmiten tämä tehdään SILAVA-ohjelmalla viimeisimpien suunnittelutehtävien joukossa, jolloin on kiire ja virheiden todennäköisyys kasvaa. Tuotemallissa on jo itsessään valmiina eksakti määrä- ja massatieto kustannusarvion tuottamista varten, mikä vähentää huomattavasti kustannuslaskennan työmäärää ja virheitä myös urakoitsijoiden tarjouslaskennassa. Kun InfraBIM -nimikkeistö saadaan käyttöön, voidaan myös sillan valmis kustannusarvio tuottaa suoraan mallin, panoshinnaston ja taulukkolaskentaohjelmistojen avulla. Lisäksi yleisien laatuvaatimusten koodauksen ja huoltotoimenpiteissä tarvittavan nimikkeistön kytkeminen tuotemallin tietorakenteeseen tulisi jatkossa määrittää ja ohjeistaa.

Lähtötietomallin tilaamiseen Siltojen tietomalliohje ottaa kantaa ainoastaan erillisessä liitteessä, jossa määritetään hankekohtaiset tehtävät kullekin osapuolelle. Toisaalta on toistaiseksi myös epäselvää, olisiko lähtötietomallin tilaaminen sisällytettävä sillan suunnittelutehtäviin vai tilattava kokonaan erikseen. Lisäksi lähtötietoaineiston laadussa on tällä hetkellä suurta hajontaa, ja siten sen toimittaminen ja tilaaminen on suuri epävarmuustekijä. Lähtötietojen laatua parantaisi huomattavasti, jos kuntien johdot, kaapelit ja muut maanalaiset rakenteet olisivat valmiiksi 3D-koordinaatistossa.

#### 2.1.4 Yleisten tietomallivaatimusten soveltuminen siltahankkeisiin

Tammikuussa 2011 alkaneen Senaatti-kiinteistöjen mallintamisohjeiden laajentamis- ja päivittämishankkeen – COBIMin – lopputuloksena julkaistiin 27.3.2012 ensimmäinen versio Suomen kansallisista mallinnusvaatimuksista, **Yleiset tietomallivaatimukset 2012**. Hankkeen rahoittajina ja toteuttajina olivat Senaatti-kiinteistöjen lisäksi monet rakennesuunnittelijat, rakennuttajat, rakennusliikkeet, ohjelmistotalot, kiinteistöjen omistajat ja buildingSMART-yhteistyöfoorumi. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, **YTV 2012**, juontaa juurensa nopeasti kasvavasta tietomallintamisen käytöstä rakennus-alalla, mikä on luonut tarpeen määritellä entistä tarkemmin, mitä ja miten kussakin rakennushankkeen vaiheessa mallinnetaan, ja mihin tietomallia käytetään. Rakennustietosäätiö on sitoutunut laatimaan kustakin YTV 2012 -vaatimuksesta oman RT-kortin, ja Suomen Buildingsmart vastaa niiden päivityksestä tulevaisuudessa (Rakennuslehti 2012).



Lähtökohtana hankkeelle ovat olleet ohjeiden kirjoittajien seikkaperäiset kokemukset mallipohjaisesta toiminnasta sekä tilaajaorganisaatioiden aikaisemmat ohjeet, erityisesti Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaisemat tietomallivaatimukset. (YTV 2012a, 2) YTV 2012 ajattelutapaa on hyödynnetty ja voidaan tulevaisuudessa soveltaa myös kehitettäessä siltojen ja koko infra-alan tietomalliohjetta. Se ei kuitenkaan suoranaisesti sovellu siltojen tuotemallintamiseen, sillä siltahankkeissa on muun muassa vähemmän esivalmistettavia rakenneosia, erilaisia detaljeja sekä erilainen lähestymis- ja hankintatapa kuin talonrakentamisessa.

YTV 2012 käsittelee paljolti samoja asioita kuin Siltojen tietomalliohje, mutta on kirjoitettu yleisemmällä tasolla ja on selvästi laajempi. YTV 2012 voidaan katsoa vastaavan pitkälti tekeillä olevia koko infra-alaa koskevia INBIM-mallinnusvaatimuksia, joiden valmistelusta vastaa Infra FINBIMin alatyöpaketti AP2 – rajapinnat ja standardit. INBIM-vaatimuksia laadittaessa otetaankin oppia COBIM-hankkeesta soveltuvien osien. YTV 2012 esittää mallinnusvaatimukset ja -ohjeistukset mallien tietosisällölle ja -rakenteelle talonrakennushankkeissa. Siltojen osalta mallien tietosisältö määritetään kuitenkin Siltojen tietomalliohjeessa, jolla on suurin painoarvo vaatimusten välisissä tulkintaeroissa.

Sekä YTV 2012 että INBIM-vaatimukset koostuvat 14 osasta, jotka ovat esitettyinä taulukossa 2.1. INBIM-vaatimusten osa 6: *Rakennemallit; Rakennustekniset osat* on sillan suunnittelun osalta tärkein, ja sen valmistelu on 5D-silta3-ryhmän vastuulla. (YTV 2012a, Liikennevirasto 2011b)

Taulukko 2.1 YTV 2012 ja INBIM-mallinnusvaatimusten osat. (YTV2012a; Infra FINBIM 2012)

YTV 2012 osat	INBIM-vaatimusten osat
1. Yleinen osuus	1. Yleiset vaatimukset
2. Lähtötilanteen mallinnus	2. Lähtötietojen vaatimukset
3. Arkkitehtisuunnittelu	3. Mallinnus hankkeen eri vaiheissa
4. Tekninen suunnittelu	4. Rakennemallit; Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päällys- ja pintarakenteet
5. Rakennussuunnittelu	5. Rakennemallit; Järjestelmät
6. Laadunvarmistus	6. Rakennemallit; Rakennustekniset rakennusosat
7. Määrälaskenta	7. Inframallin laadunvarmistus
8. Mallien käyttö havainnollistamisessa	8. Määrälaskenta, kustannusarviot
9. Mallien käyttö tekniikan analyysissä	9. Havainnollistaminen, visualisoinnit
10. Energia-analyysit	10. Analyysit, simuloinnit ja rakenteiden mitoitus
11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen	11. Tietomallin hyödyntäminen eri suunnitteluvaiheissa
12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana	12. Tietomallin hyödyntäminen infran rakentamisessa
13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa	13. Tietomallin hyödyntäminen infran käytössä ja ylläpidossa
14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa	14. Tietomallipohjaisen hankkeen johtaminen

Tässä diplomityössä keskitytään siltojen tietomallintamiseen, joten seuraavassa on arvioitu YTV 2012 tärkeimpiä vaatimuksia, joita voidaan soveltaa myös sillanrakennushankkeissa. YTV 2012 toteaa yleisesti mallintamisesta, että se kattaa vain osan suunnit-

telutyöstä, siinä missä perinteisiä dokumentteja tuotetaan yhä mallintamisen rinnalla. Perinteisten dokumenttien osalta on noudatettava tilaajan aikaisempia ohjeita, joita noudatetaan soveltuvin osin myös mallinnuksessa. (YTV 2012a)

Ensiksi, investointipäätöksen ohella tilaajan tulisi tehdä päätös myös hankkeen tietomallitavoitteista, käytön laajuudesta, eri osapuolille kuuluvista tehtävistä ja käytettävistä tarkistusmenetelmistä, jotka kirjataan tarjouspyyntöön. Mallien geometrian ja tietosisälön kannalta on keskeistä, että hankkeen tietomallintamisen tavoitteet olisivat tiedossa jo ennen suunnittelijan valintaa. Muussa tapauksessa suunnittelijan omalla tietomalliosaamisella voi olla liian suuri rooli siihen, mihin ja miten tietomallia käytetään rakennusprosessin eri vaiheissa. (YTV 2012a) Käytännössä kuitenkin sekä talo- että silta-puolella on vielä toistaiseksi jatkettu tietomallitavoitteiden määrittelyä yhteistyössä eri osapuolten välillä hankkeen aikana.

YTV 2012 eroaa Siltojen tietomalliohjeesta jo rakenteeltaan, sillä siinä eritellään sekä vaatimuksia että ohjeita talonrakennushankkeen eri suunnitteluvaiheisiin, jotka eroavat sillansuunnitteluvaiheista. Siltojen tietomalliohjetta voidaan verrata lähinnä YTV 2012 1. osaan – yleinen osuus ja 11. osaan – tietomallipohjaisen projektin johtaminen. Seuraavassa esitetään suurimmat eroavaisuudet.

YTV 2012 mukaan kaikkien IFC 2x3 sertifioitujen mallinnusohjelmien käyttö on sallittua, ja suunnittelijoiden on tarjouksissaan nimettävä käyttämänsä mallinnusohjelma. Siltojen tietomalliohjeen mukaan luovutettavan mallin formaatiksi voidaan sopia hankekohtaisesti esimerkiksi 3D-DWG, LandXML tai IFC. Malli luovutetaan työn vaatimassa laajuudessa sekä IFC-muodossa että mallinnuksessa käytetyn ohjelmiston natiiviformaatissa kaikille osapuolille, jotka mallia tarvitsevat. (YTV 2012a, YTV 2012c, Liikennevirasto 2011b) Siltojen osalta on siis vielä epäselvää mihin avoimeen tai avoimiin formaatteihin mallinnus tulee perustumaan. Tekeillä olevassa Antti Karjalaisen diplomityössä otetaan kantaa nimenomaan tähän ongelmaan.

Avoimen kilpailun kannalta on hyvä, että YTV 2012:ssa vaaditaan luovuttamaan alkuperäisen mallin mukana kaikki siinä käytetyt kirjastot siten, että kaikki oleellinen suunnittelutieto säilyy ja on siirrettävissä eteenpäin mallin mukana. YTV 2012 antaa kuitenkin mahdollisuuden sopia hankekohtaisesti arkaluontoisten, suunnittelijan kilpailuetuun tai tekijänoikeuksiin liittyvien kirjastojen luovuttamisen muille osapuolille. Siltojen tietomalliohjeessa ohjeistetaan puolestaan, ettei suunnittelijan tulisi mallintaa sellaisia komponentteja tai käyttää kirjastoja, joita ei voida luovuttaa alkuperäisessä muodossaan eteenpäin mallin mukana. Tekijänoikeuksien kannalta tilaajalla on kuitenkin aina oikeus käyttää malleja vastaavin ehdoin kuin projektien perinteisiä dokumentteja, vaikka itse



tekijänoikeudet säilyvät aina mallintajalla. (YTV 2012a, YTV 2012c, Liikennevirasto 2011b)

Koordinaatiston ja mittayksiköiden suhteen Siltojen tietomalliohjeen terminologia ja määrittelyt eroavat niin ikään YTV 2012:sta. Siinä missä Siltojen tietomalliohjeessa tuotemallin tulisi sijaita ensisijaisesti hankkeen virallisessa koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä, YTV 2012 ohjeistaa sijoittamaan koko rakennusalueen positiiviseen koordinaatistoon ja origon lähelle tuotemallia vähintään kahden vastinpisteen avulla. Vastinpisteiden x- ja y-koordinaatit määritellään sekä projektikoordinaatistossa että kunnan koordinaatistossa. Origo on sijoitettava lähelle rakennetta, koska monet ohjelmistot laskevat mitat vain kuuden numeron tarkkuudella, ja siten esimerkiksi kilometrin etäisyydellä olevan objektin mittatarkkuus on yksi millimetri. Korkeussuunnassa YTV 2012 ohjeistaa mallintamaan tuotemallin todelliseen korkeusasemaan kunnan korkeusjärjestelmässä, kun taas Siltojen tietomalliohje antaa mahdollisuuden myös koordinaatiston muunnokseen. (YTV 2012a, Liikennevirasto 2011b)

## **2.2 Hankintamenetelmien kehityshankkeet**

Hankintatoimeen ja sen tuottavuuteen on alettu kiinnittää kasvavaa huomiota 1990-luvulta lähtien (Iloranta 2008, 127). Samalla innovatiivisuuden, yhteistyön ja uusien toimintamallien merkitystä on korostettu monessa eri kirjallisuuslähteessä ja alan seminaarissa osana tuottavuuden, asiakaslähtöisyyden ja laadun parantumista. Seuraavassa käsitellään lyhyesti kolme kansallisesti merkittävää kehityshanketta, jotka tukevat sekä tietomallinnuksen käyttöönottoa että tuottavampaa hankintatoimea.

### **2.2.1 Tuottavuuden kehittäminen, TUKEFIN -hanke**

Rakennus- ja kiinteistöalan tuottavuuden kehittämiseksi perustettiin elokuussa 2008 kansallinen hanke – TUKEFIN, jota ohjaavat RAKLI ry, Rakennusteollisuus RT ry ja TEKES. TUKEFINin tavoitteena on kehittää hankinta-, yhteistyö- ja projektien toteutusmalleja sekä osaamista siten, että osallistuvilla organisaatioilla ja alalla syntyvät pysyvät edellytykset parantaa tuottavuutta, innovatiivisuutta sekä vähentää hukkatekijöitä. Infra-alalla on jo viety läpi kolme TUKEFIN-ryhmähanketta, joissa on toteutettu yhteensä yli 30 pilottikohdetta. (Yliherva & Merikallio 2012)

TUKEFINin ensimmäisessä vaiheessa tehtiin nykytila-analyysi, jonka perusteella tunnistettiin tärkeimmät rakennusprosessia vaivaavat hukkatekijät: kommunikointi ja dokumentointi, henkilöstön käyttämätön potentiaali, virheet, ylituotanto, turhat siirrot ja kuljetukset, yliprosessointi tai väärä prosessointi, ylisuuret varastot, virheet, välikään-

nökset ja muutosvastarinta. Lisäksi nykytila-analyysissä tunnistettiin pitkällä aikavälillä infra-alan organisaatioiden merkittävimmiksi tavoitteiksi asiakaslähtöisyyden lisääminen, elinkaarikustannusten alentaminen ja osaavien resurssien saannin turvaaminen sekä tuottavuuden, yritysten kannattavuuden, työturvallisuuden, laadun ja alan imagon parantaminen. (Yliherva & Merikallio 2012) Verrattaessa tietomallintamisen hyötyjä näihin hukkatekijöihin ja tavoitteisiin havaitaan, että mallinnuksen käytöllä voitaisiin parantaa merkittävästi alan tuottavuutta ja innovatiivisuutta.

Yleisesti on hyväksytty, että halvin hinta ei johda laadukkaimpaan mahdolliseen lopputulokseen rakennusprojekteissa. Tätä silmällä pitäen hankkeessa on kehitetty kolme valinta- ja kannustinjärjestelmää, joiden avulla pyritään parantamaan tarjousten arviointijärjestelmiä: lupauspohjaisuuteen, kannustinrahaan ja avaintulosalueeseen perustuvat kannustinjärjestelmät. Lupauspohjaista kannustinjärjestelmää kokeiltiin myös Jorvaksen ratapihan suunnittelussa, jota on käsitelty luvussa 2.3.2. Kannustinrahaan ja avaintulosalueeseen perustuvissa bonus ja sanktio -malleissa toteuttajalle luvataan suora rahamääräinen bonus jostain tietystä projektiin liittyvästä onnistumisesta. Tällaisia myös tilaajaa hyödyttäviä onnistumisia ovat esimerkiksi työturvallisuuden toteutuminen, sidosryhmyytyväisyys, sisäinen yhteistyö ja ympäristöasioiden ansiokas huomioiminen. (Yliherva & Merikallio 2012)

### 2.2.2 Lean tuotantojärjestelmän kehittämishanke

LCI Finland ja Rakennusteollisuus RT toteuttivat vuonna 2009 Lean tuotantojärjestelmän kehittämisprojektin eli *projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusosalalla* -hankkeen, jonka päätarkoitus oli selvittää ja arvioida Lean Constructionin työkaluja suomalaisessa rakennusteollisuudessa. Hanketta rahoitti yhteensä 7 eri rakennusalan yritystä ja TEKES. Lopputuloksina hankkeesta saatiin suomenkieliset kuvaukset Lean Construction käsitteistä, työkaluista ja metodeista sekä niiden konkreettiset sovelluskohteet rakennusteollisuudessa ja erityisesti julkisen sektorin hankkeissa. (Haapasalo & Merikallio 2009, 1–6)

Lean on filosofia ja ajattelutapa, jonka keskeisimpänä periaatteena on keskittyä ainoastaan asiakkaalle lisäarvoa tuottavaan toimintaan. Kaikki toiminnot, jotka eivät tuota tuotteelle lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta ovat hukkaa, joka tulee eliminoida toimintaprosessista. Alkujaan autonvalmistaja Toyotan tuotantokonseptista alkunsa saanut Lean tunnisti seitsemän hukan aiheuttajaa: ylituotanto, odottaminen, turhat kuljetukset tai materiaalien siirrot, väärä tai yliprosessointi, ylisuuret varastot, turhat liikkeet, virheet sekä luovuuden käyttämättä jättäminen. Haapasalo ja Merikallio (2009, 32) määrittelevät Lean-ajattelun yksinkertaisesti:



*Lean ideaali on maksimoida arvo asiakkaalle minimoimalla samanaikaisesti hukkaa pyrkimällä täydellisyyteen.*

Lean-ajatteluun liittyy vahvasti viisi peruseriaa hukan poistamiseksi organisaatios-  
ta (Haapasalo & Merikallio 2009, 10–11):

- tunnistaa arvoa tuottavat toiminnot sekä arvoa tuottamattomat toiminnot
- tunnistaa jokaisen tuotteen arvovirta
- järjestää jäljelle jääneet vaiheet jatkuvaksi virtaukseksi
- tehdä vain se, mitä asiakas haluaa
- pyrkimällä täydellisyyteen alusta aloittamalla.

Toisaalta Lean-ajattelu on suuri joukko työkaluja, joiden avulla filosofiaa viedään käy-  
täntöön organisaatioiden parhaaksi katsomalla tavalla. Seuraavassa esitetään tärkeimmät  
Lean-työkalut, joiden entistä tehokkaamman hyödyntämisen tietomallinnus mahdolli-  
saa: (Haapasalo & Merikallio 2009, 15–28)

- Last Planner system<sup>TM</sup>

Last Planner System on projektin ohjaustyökalu, jolla pyritään häiriöttömään ja tehok-  
kaaseen aikataulutehtävien toteuttamiseen. Keskeinen ajatus on informaation jakaminen  
ja laajempi ymmärrys oman vastualueen ulkopuolisista tehtävistä. Mallipohjaisessa  
siltahankkeessa tämä voi tarkoittaa esimerkiksi viikkopalaverissa jaettavaa tietomalliin  
sidottua tietoa siitä, mitä kukin taho on luvannut kyseisellä ajanjaksolla toteuttaa. Lop-  
putuloksena rakentamisen suunnitelmallisuus, tehtävien toteuttamisen ennustettavuus ja  
aikataulutehtävien hallittavuus saattavat parantua merkittävästi.

- Visuaalinen ohjaus

Visuaaliseen ohjaukseen kuuluu, että työkalujen ja materiaalien paikat on selvästi mer-  
kitty, ja että työn toteutus voidaan visualisoida sen tekijälle. On selvää, että kolmiulot-  
teinen tietomalli parantaa selvästi visuaalista ohjattavuutta.

- Poka-Yoke

Poka-Yoke on virhemahdollisuuksien eliminoinnin työkalu, jolla pyritään vähentämään  
toiminnan vaihtelua. Mallipohjaisessa suunnitteluprosessissa tämä on tärkeää, jotta oh-  
jelmistojen vääränlainen käyttö ja virheelliset toiminnot pystytään tunnistamaan ja kor-  
jaamaan. Tietomallintaminen mahdollistaa myös automaattisten suunnitelmien tarkas-  
tustyökalujen käytön dokumenttipohjaista tiedonhallintaa paremmin.

- Standardointi

Standardityö vakiinnuttaa parhaat käytännöt ja työtavat tehokkuuden optimoimiseksi ja hukan minimoimiseksi. Olennaista on dokumentoida mallipohjainen suunnitteluprosessi ja opettaa se työntekijöille, jolloin suunnittelutyö ja mallintaminen suoritetaan aina samalla tavalla riippumatta siitä, kuka työn suorittaa. Näin ollen kaikki osapuolet oppivat käyttämään tietomalleja aina samalla tavalla ja tietävät, mitä niiltä voi odottaa. Standardimalla mallipohjainen suunnitteluprosessi voidaan kaikki prosessin virheet ja poikkeamat havainnoida entistä helpommin sekä vähentää suunnitelmien laadun vaihtelua.

- Just-in-time-periaate eli JIT-periaate

JIT-tuotannon tavoitteena on valmistaa ja kuljettaa rakennustuotteita vain se määrä mitä tarvitaan, silloin kun niitä tarvitaan ja sinne missä niitä tarvitaan mahdollisimman lyhyessä ajassa. Näin ollen tavara valmistetaan vasta asiakkaan tilauksesta eikä ylimää räisiä varastoja pidetä. Keskitetty tietomallipohjainen tiedonhallinta mahdollistaa entistä ennustettavammat materiaalimenekit ja aikataulut, minkä vuoksi JIT-periaatetta on helpompi soveltaa.

Verrattaessa tietomallinnusta edellä esitettyihin hukatekijöihin voidaan todeta, että tietomallintamisella on selvä yhteys hukatekijöiden vähentämiseen. Lean Constructionin ja tietomallintamisen synergiahyötyjä sillansuunnittelun kannalta on käsitelty tarkemmin luvussa 4.7.

### 2.2.3 Rakennusteollisuuden hankinta- ja toimitusketjun kehittäminen, KETJU-hanke

Rakennusteollisuus RT:n toteuttama KETJU-kehitysohjelma toteutettiin vuosina 2007–2009 ja se muodostui yhteensä 11 osaprojektista, joissa oli mukana suuri joukko rakennusyriksii, rakennustuote- ja materiaalivalmistajia sekä rautakaupan toimijoita. Tämän työn kannalta keskeisimmät tulokset syntyivät VTT:n *Yhteistoimintamallien kehittäminen rakennusteollisuudessa - Rakennusteollisuuden verkostot ja hankinta* - sekä TKK:n *Rakennusteollisuuden hankinta- ja toimitusketjun sopimuskäytännön kehittäminen* -tutkimusprojekteista, joista koottiin yhteisraportti. (Anttila et al. 2008)

Raportin perusteella rakennusteollisuudessa todettiin olevan merkittävä kehityspotentiaali hankintoihin ja yhteistoimintamalleihin liittyen, vaikka nykyiset toimintatavat ovat käyttökelpoisia ja tulevat säilymään myös tulevaisuudessa. Raportin perusteella tilaajayksiköt voivat saavuttaa hankinnoilleen lisäarvoa ensinnäkin asettamalla strategisia tavoitteita **hankinnan portfolioanalyysin** avulla tehdyille tuoteryhmille. (Anttila et al.



2008, 60) Kraljicin matriisiin perustuvaa siltojen tilaajien hankinnan portfolioanalyysiä tarkastellaan tutkimusongelman näkökulmasta luvussa 3.1.

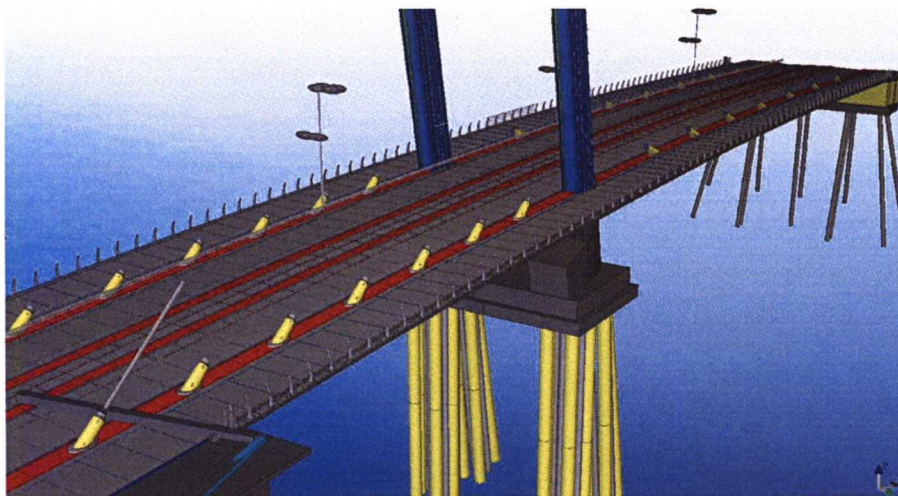
Toiseksi pitkäaikaisen yhteistyön todetaan tuovan merkittäviä hyötyjä kaikille mukana oleville osapuolille. Myös ammattitaitoisen hankintaan osallistuvan henkilöstön kouluttaminen ja hankkiminen sekä pitkäjänteinen kehitystoiminta todetaan olevan kulmakiviä menestyksekkäässä hankintatoimessa. Lopuksi raportti nostaa esille myös selkeät yhteistyösopimukset, jotka luovat perustan onnistuneelle yhteistoimintamallille. (Anttila et al. 2008, 60–61) Yksi esimerkki yhteistyön tuomista hyödyistä on 5D-silta-työryhmän ja Infra FINBIMin kilpailijoiden sekä rakennusprosessin eri osapuolten tekemä yhteistyö, jolla on kehitetty alaa merkittävästi eteenpäin.

Hankintatoimen kehityshankkeiden perusteella voidaan täten todeta, että yhteistoiminta ja kumppanuus ovat avainasemassa pyrittäessä tuottavampaan kokonaisprosessiin erityisesti suurissa ja monimutkaisissa hankkeissa. Toisaalta on olennaista muistaa, että suurin osa siltahankkeista on verrattain riskittömiä ja suoraviivaisia, joissa liian syvä yhteistyö on aikaa vievää ja synnyttää siten hukkaa kokonaisprosessissa. Hankkeen koko ei saisi siten vaikuttaa mallintamiseen, sillä tilaajien intressien mukaista on pystyä kilpailuttamaan mallipohjainen suunnittelu kaikissa hankkeissa.

## **2.3 Toteutuneista hankkeista saadut kokemukset**

### **2.3.1 Crusellin silta**

Kesäkuussa 2011 avattua Crusellin siltaa Helsingin Jätkäsaarella pidetään merkittävimpänä Suomessa tietomallipohjaisesti suunniteltuna ja rakennettuna siltana. Sillan tilaaja oli Helsingin kaupunki, suunnittelija WSP Finland ja pääurakoitsija Skanska Infra. Vaikka itse sillan hankinta ja suunnitelmien hyväksyminen tehtiin vielä piirustuksiin pohjautuen, rakennusprojektista saatiin arvokkaita kokemuksia kaikkien mukana olleiden osapuolten ja sillan hankintaproessin kannalta. Sillan tuotemalli tehtiin niin tarkasti ja huolellisesti kuin silloisilla työkaluilla oli mahdollista, ja kaikki rakentamisessa käytetyt piirustukset luotiin mallinnustyökalujen avulla. Tietomallintaminen antoi myös mahdollisuuden lisäksi soveltaa Lean Construction -käytäntöjä, joilla pyrittiin minimoimaan rakennusprosessissa syntyvää hukkaa. Eräs sovellutus tästä oli Last Planner System™ -järjestelmän käyttäminen työmaan johtamiseen, minkä avulla pyrittiin lisäämään erityisesti työn ennustettavuutta. (Eastman et al. 2011, 494–497) Kuvassa 2.2 on kuvakaappaus Crusellin sillan tuotemallista, joka on mallinnettu Tekla Structures -ohjelmalla.



Kuva 2.2 Kuvakaappaus Crusellin sillan tuotemallista Tekla Structures -ohjelmassa (WSP Finland)

Toteutusmuotona käytettiin kokonaishintaista urakkaa, vaikka suunnitelmista oli valmiina vasta noin 60 % urakkatarjouksia tehtäessä. Tämä osoittautui hyödylliseksi, sillä esimerkiksi teräsrakenteiden toimittajana toiminut Rautaruukki vaikutti teräsalan laajan osaamisensa ja detaljointikokemuksensa perusteella suoraan toteutussuunnitteluun. Tarjouspyynnön lisämateriaalina käytettiin myös yksinkertaisia web-malleja, joissa oli mallinnettuna pylonien, sillan kannen ja rantamuurielementtien periaatteet. Näiden avulla tarjouslaskentaan osallistuneet urakoitsijat ymmärsivät paremmin sillan perusrakenteita. (Eastman et al. 2011, 494–497)

Tämän tutkimuksen kannalta Crusellin siltaprojektin tärkeimmät kokemukset liittyvät keskitettyyn mallipohjaiseen tiedonhallintaan. Tiedon jakaminen oli ratkaisevan tärkeää erityisesti, koska rakennussuunnittelu jatkui pitkään rinnan rakennustöiden kanssa, mikä on siltaprojektille epätyypillistä. Sillan tuotemallia säilytettiin WSP:n palvelimella, jonne WSP päivitti suunnitelmien merkittävimmät muutokset siten, että Skanska ja Helsingin kaupunki saivat niistä heti tiedon. Skanska synkronoi tämän perusteella oman rakentamisessa käytetyn tietomallinsa, josta Rautaruukki sai edelleen poimittua muutokset konepajan käyttämään malliin. Yhdeksi suurimmista hyödyistä mallipohjaisessa tiedonhallinnassa koettiin se, että Skanska näki mallista suunnitelmien muutokset jo hyvissä ajoin ennen kuin tilaaja oli hyväksynyt piirustukset, mikä auttoi valmistautumaan tulevaan. (Eastman et al. 2011, 500–502)

Rakennusvaihetta silmällä pitäen projekti implementoi paljon uusia mallintamisen mahdollistamia työkaluja, joiden käyttöä tulevaisuudessa voidaan miettiä jo suunnitteluvaiheessa. Skanskan ylläpitämä tietomalli osoittautui työn edetessä ensisijaiseksi tietolähteeksi myös työmaan aliurakoitsijoille, ja sitä käytettiin muun muassa 4D-suunnitteluun, valmistustietojen viemiseen suoraan CNC-koneille, muottien mitoittamiseen, rakenne-



osien visualisointiin, rakennusmenetelmien määrittämiseen ja materiaalien toimitusraporttien luomiseen. (Eastman et al. 2011, 502–513) Mallista tulostettiin lisäksi 3D-kuvakaappauksia työnjohdolle ja itse työn tekijöille, mikä auttoi ja nopeutti suunnitelmien ymmärtämisestä.

Vaikka Crusellin sillan rakennusprojekti oli kaikille osapuolille normaalia työläämpi, siitä saadut kokemukset ovat olleet ensiarvoisen tärkeitä kehitettäessä yhteisiä pelisääntöjä siltahankkeille. Niin ikään Tekla kehitti projektin perusteella erityisesti kuvantuo-tannon ja raudotteiden mallintamisen työkaluja, jotka ovat jo sittemmin osoittautuneet toimivimmaksi. Osviittaa tulevasta yhteistyöstä antaa myös se, että Crusellin sillan ra-kentamisessa urakoitsija vaikutti merkittävästi suunnitteluratkaisuihin ja suunnittelija rakennustyöhön. Yhteenvetona voidaan sanoa, että Crusellin sillasta saadut sekä positiiviset että negatiiviset kokemukset asettivat paljon lähtökohtia koko siltojen tuotemallin-tamisen kehitystyölle.

### 2.3.2 Jorvaksen ratapiha

Jorvaksen ratapiha on yksi Infra FINBIMin ja TUKEFINin pilottikohteista Kirk-konummella, jossa toteutettiin ratapihan rakennussuunnittelu jatkuvalla mallintamisella. Ratapihasta oli tehty jo aiemmin yleissuunnitelma käyttäen perinteistä 2D-piirtämismenetelmää, joten pilotoitavana oli ainoastaan mallipohjaisen rakennussuunnit-telun kilpailuttaminen. Tarjouspyyntöasiakirjoissa edellytettiin tietomallipohjaista rata-suunnitelman tuottamista siten, että se olisi mahdollisimman hyvin hyödynnettävissä liikennepaikan toteuttamisen myöhemmissä vaiheissa. Tarjouspyyntö muotoiltiin siten, että tilaajalla oli mahdollisuus vertailla eri tarjouksia tietomallinnusnäkökulman valossa, sillä jokaisen tarjoajan oli toimitettava noin tunnin mittainen työnäyte tietomalliosaami-sestaan ja tavastaan soveltaa tietomalliosaamista ratasuunnittelussa tässä kohteessa. (Liikennevirasto 2011a)

Työnäytteen arvioi yhdeksästä henkilöstä koostuva asiantuntijaraati, jota varten VTT oli laatinut erillisen arviointimallin TUKEFIN- ja Infra FINBIM -hankkeiden ryhmätöiden perusteella. Arviointimalli on esitetty taulukossa 2.2.

Taulukko 2.2 Jorvaksen ratapihan suunnittelun arviointikriteerit (Liikennevirasto 2011a)

Kategoria	1. Lähtötiedot tässä hankkeessa	2. Mallin laajuus ja käyttö tässä hankkeessa	3. Geometriamalli tässä hankkeessa
KUVAUS	Miten konsultti kuvaa lähtötietojen varmistamisen ja sen kuinka niitä hyödynnetään lähtötietomallin kokoamisessa. Miten on ajateltu tarkistaa lähtötietomallin virheettömyys.	Ratasuunnitelman mukainen sisältö on mallintamisen laajuutena. Miten konsultti kuvaa sitä mitkä osuudet tässä kyseisessä hankkeessa on ajateltu mallintaa. Miten konsultti kuvaa sitä miten muut toimijat voivat käyttää mallia, eli sen käyttötapauksia ratasuunnittelun aikana. Miten konsultti kuvaa tulevat käyttötapaukset erityisesti ratasuunnitteluvaiheen lopputulosmallin joka on radan /ratapihan rakennesuunnittelun lähtötietomallina. hyödynnettävyys elinkaaren aikana hyvä ja perusteltu.	Mikä on konsultin ajatus tarvittavasta geometriamallin tasosta, 2D kartta tas on käyttäminen vai jatkuva pintamalla sisältävä tuotemalli. Geometriamallin virheettömyys, jatkuvuus ja sen eheys. Tulevatko eri suunnittelualojen geometriamallit olemaan yhteensopivia.
Kategoria	4. Yhteensopivuus ja standardit / toimiston yleinen + valinnat tässä hankkeessa	5. Tiedon jakaminen tässä hankkeessa	6. Osaaminen ja valmiudet / toimiston kyvykyys + resurssit tässä hankkeessa
KUVAUS	Miten eri geometriamalleja voidaan esittää eri formaatissa. ovatko formaatit avoimia? Kuinka monta yhteensopivaa formaattia tarjotaan. Kerrotaan mitä softaympäristöjä käytetään suunnittelutyössä. Mitä malleja luovutetaan tilaajalle.	Miten konsultti kuvaa mm. oheisia asioita: Kuinka tietoa on käytössä prosessin aikana, missä muodossa tietoa jaetaan, millä välineillä ja missä vaiheissa tietoa jaetaan. Tietomallin hyödyntäminen yleisötilaisuuksissa ja informaation jakaminen yleisölle. Lupaako suunnittelija tehdä malliselostuksen.	Konsultti esittämät referenssit ja kokemus sekä organisaation teknisen infra kuvauk. (Hahmotus toimiston teknisen infra tasosta tulee myös kategorioiden 2-3-4-5 kautta. Asiantuntijaraati arvioi sisäisesti).
Kategoria	7. Prosessin kulku / kuvaus tässä hankkeessa	8. Roolit toimiston yleinen + roolit ja vastuut tässä hankkeessa	9. Innovaatioasenne / toimiston yleinen + tavoitteet tässä hankkeessa
KUVAUS	Konsultti kuvaa mm kuinka asiakas otetaan mukaan, kuinka suunnitelmien virheettömyys varmistetaan jne.	Konsultti kuvaa miten tiedonhallintaosuudet (hankkeen sisältöön, ratasuunnitelmaan, liittyvä tietoon) roolitettu (esim. mallintaja, mallinnuksen johtaminen). Ketkä henkilöt on resursoitu juuri tähän hankkeeseen ja heidän referenssit hyvin esitetty.	Konsultin kuvaus kehityslinjauksista esim. miten on ajateltu kehittyä hankkeen aikana esimerkiksi kyvykkyytasolta 3 tasolle 4, joissain kategorialueissa. Mahdollinen kuvaus palveluista tilaajalle, joita voidaan tehdä hankkeen aikana (kuten luonnostasoisten ohjeistuksien testaaminen tms).  Konsultin kuvaus kokemuksesta pilottimaisesta työskentelystä esim. muiden teemojen kehittämisessä. Oletteko profiloituneet innovatiiviseksi organisaatioksi.

Käytetyllä innovatiivisella hankintamenettelyllä oli tarkoitus erityisesti selvittää, mitä asioita tarjouspyyntöasiakirjoissa voidaan vaatia, ja mikä on Suomen infra-alan tietomalliossaamisen taso. Suunnittelukonsultin valintaperusteena oli tarjouksen kokonaistaloudellinen edullisuus seuraavin painotuksin: asiakastyytyväisyys 20 %, työnäyte 30 %, virheettömyys 20 % ja hinta 30 %. Asiakastyytyväisyyteen ja virheettömyyteen liittyi myös bonus ja sanktio -kannustinjärjestelmä, jossa arvioidaan sitä, miten tarjoajan **lupaukseen perustuva tarjous** tulee käytännössä toteutumaan.

Kategoriat 1–5 arvioivat tarjoajan mallintamisen tasoa ja pyrkimystä mallintamisen monipuoliseen käyttöön, siinä missä kategoriat 6–9 arvioivat sitä, miten työ aiotaan viedä läpi ja millaista pätevyyttä tarjoajalla on käytettävissä. Työnäyte videoitiin, jonka avulla hankkeen lopussa tullaan arvioimaan, miten hyvin toteutuksessa onnistuttiin. Tämän perusteella määritetään lopullisesti suunnittelijalle kohdistuvat bonukset tai sanktiot. (Liikennevirasto 2011a)

Tarjousten perusteella voidaan todeta, että hajonta työnäytteiden laadussa oli suuri, ja että parhaat työnäytteet erottuivat selvästi joukosta. Tilaaja sai yhteensä vain viisi tarjo-



usta, joten infra-alan tietomalliosaaminen ratasuunnittelussa ei ole tässä valossa vielä kovin hyvä, eikä tarjoajien välillä ole tervettä kilpailua. Toisaalta myös tarjousten suuri hajonta jokaisessa pisteytyskriteerissä kertoo sen, että alan yhteiset pelisäännöt ovat vasta kehittyneissä, eivätkä konsultit vielä tarkkaan tiedä, mitä tietomallipohjaisen ratasuunnitelman tekeminen pitää sisällään. Niin ikään poikkeuksellisen suuri hajonta tarjoushinnoissa kertoo, että tarjoajat eivät pystyneet tarkkaan määrittelemään tulevaa työmääräänsä.

Haastatteluiden perusteella käytetty hankintamenetelmä jakoi vahvasti mielipiteitä, sillä joidenkin mielestä työnäytteen painoarvoa voisi tietyissä tapauksissa jopa nostaa, kun taas toiset kokivat työnäytteen osana tarjousta merkityksettömäksi ja työlääksi kilpailuttaa pitkällä aikavälillä. Käytettyä hankintamenettelyä pidettiin osittain jopa täysin epäonnistuneena erityisesti pisteytyksen ja tarjoushintojen suuren hajonnan vuoksi. Kaikesta huolimatta on selvää, että eri vaihtoehtojen vertailu tarjousvaiheessa auttoi tilaajaa arvioimaan eri toteutusratkaisuja ja tarjoajien kyvykkyyttä suoriutua tehtävästä. Lisäksi mallin visualisointi palvelee erinomaisesti asukastilaisuuksissa, mikä noudattaa lain periaatteita huomattavasti paremmin kuin perinteiset 2D-piirustukset, joita tavalliset kansalaiset osaavat tulkita huonosti tai ei ollenkaan. Käytetty hankintamenettely on eittämättä raskas, eikä sen voida todeta soveltuvan sellaisenaan rutiininomaiseen sillansuunnittelun kilpailuttamiseen. Menettelyn ongelmana on myös se, että suunnittelija saa itse vaikuttaa mallinnustavoitteisiin ilman tilaajan suurta ohjausta.

### 2.3.3 Röforsin silta Keski-Ruotsissa

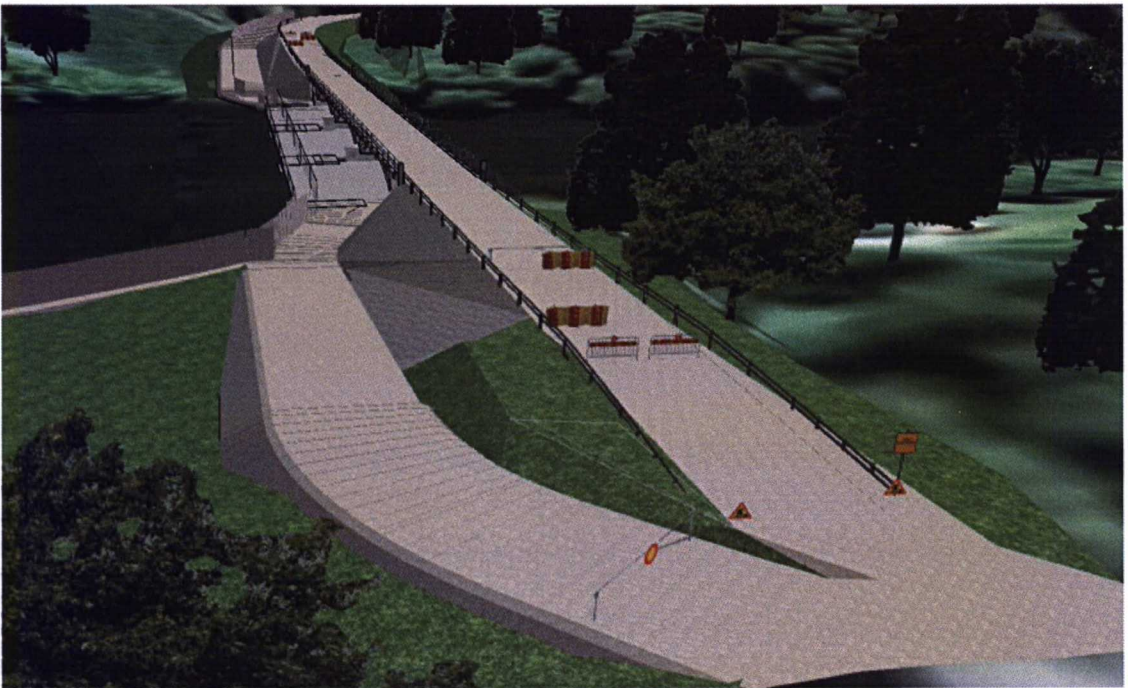
Röforsin silta Arbogassa on lähes 100-vuotias, ja on siten suuressa peruskorjauksen tarpeessa. Sillan merkittävän kulttuurillisen arvon vuoksi Trafikverket<sup>10</sup> päätti yhdessä Västmanlandin läänin kanssa uusien kaikkien sillan päällysrakenteiden siten, että sillan esteetiikka pysyy mahdollisimman muuttumattomana. Mielenkiintoiseksi hankkeen tekee se, että urakka kilpailutettiin mallipohjaisesti kokonaan ilman suunnittelijan tekemiä rakennuspiirustuksia, ja ainoat urakka-asiakirjojen mukana toimitetut piirustukset olivat vuonna 1919 tehdyt sillan alkuperäiset neljä rakennuspiirustusta. Kyseessä on ensimmäinen kerta, kun Trafikverket aikoo hyödyntää tietomallintamista täysimittaisesti silanrakennusprojektin jokaisessa vaiheessa. (WSP Sweden)

WSP Sweden toimittaa projektia varten tuotemallin, jota hyödynnetään työn suunnittelussa, urakoinnissa, projektinjohtossa ja sillan ylläpidossa. WSP Sweden vastaa samalla myös BIM-koordinoinnista, hankinta-asiakirjojen valmistelusta tietomallintamisen osalta ja tietomallin perusteellisesta sisäisestä tarkastuksesta. Näin ollen WSP Sweden tulee

<sup>10</sup> Vastaa pääpiirteissään samoista asioista kuin Liikennevirasto Suomessa.

olemaan vahvasti mukana myös sillan rakentamisvaiheessa. Urakkatarjousvaihetta varten WSP Sweden mallinsi kolme tietomallia: perusteellisen tuotemallin sillasta, rantarakenteista ja siltaan liittyvistä teistä, tietomalliin perustuvan ehdotuksen liikenteen ohjauksesta sekä tuotemallin sillan kaiteista.

Sillan varsinainen tuotemalli tehtiin Tekla Structures -ohjelmalla ja liikenteenohjausmalli Google Sketchup -ohjelmalla, johon on saatavilla ilmaislisenssejä. Liikenteenohjausmalli on esitetty kuvassa 2.3, ja olennaista siinä on, että se on kaikkien kansalaisten nähtävillä ilmaiseksi ilman lisenssimaksuja. Liikenteenohjausmallin geometria on siirretty Tekla-mallista Sketchupiin, jossa malliin on lisätty fotorealistiset liikennemerkkit ja muut liikenteenohjaukseen vaikuttavat asiat. Toisaalta liikenteenohjausmalli auttaa myös urakkalaskennassa arvioitaessa työtapoja. Kolmas malli sillan kannen valurautaisista kaiteista tehtiin laserkeilaamalla, koska uudet kaiteet on tarkoitus saada muistuttamaan mahdollisimman paljon alkuperäisiä kaiteita. Kaiteiden malli toimitettiin tarjouspyyntöasiakirjojen joukossa omana tiedostonaan tuoteteollisuuden yleisesti käyttämässä IGS-formaatissa, eikä sitä yhdistetty Teklan natiivimalliin.



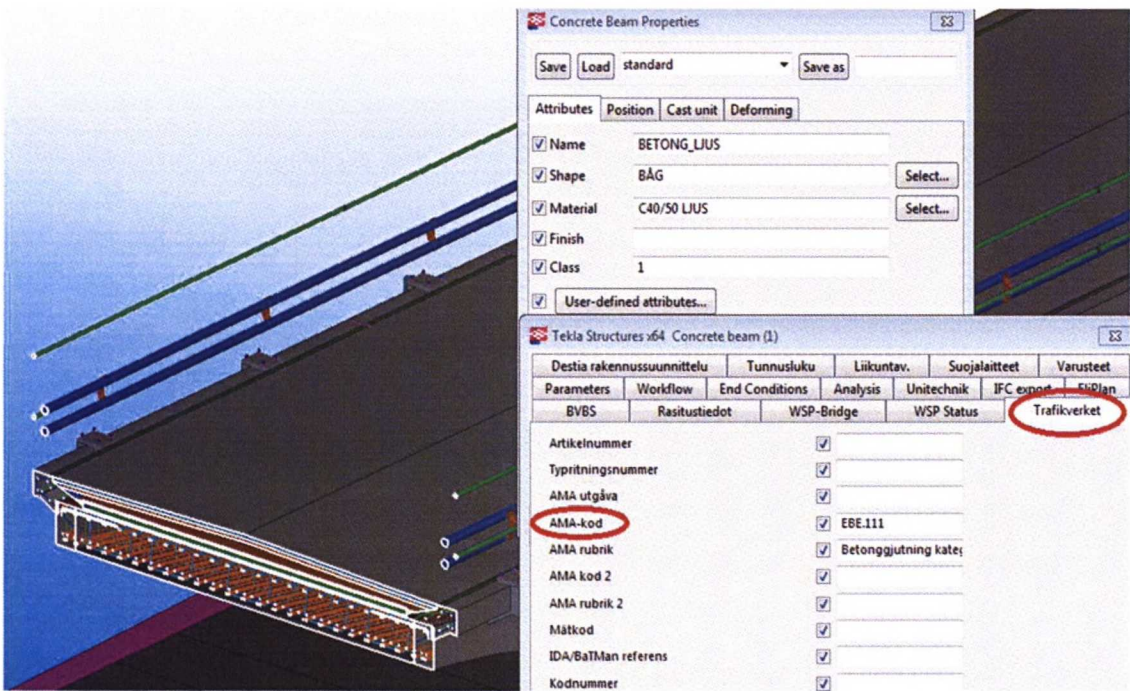
Kuva 2.3 Rönnefjärdsin sillan liikennejärjestelyt Google Sketch up -ohjelmassa (WSP Sweden)

Sillan tuotemalli tehtiin niin tarkaksi kuin mahdollista, jotta siitä on mahdollista saada kaikki tarvittava tieto ja piirustukset sillan purkamista ja uudelleenrakentamista varten. Tiedon luokittelumiseksi WSP Sweden oli ohjelmoinut Tekla Structures -ohjelman UDA-kenttiin Trafikverket-välilehden, jonne jokainen rakenneosia oli nimetty ja numeroitu AMA-laaturjärjestelmän mukaisesti. Malliin oli lisäksi syötetty muun muassa kun-



kin materiaalin pintakäsittely AMA-koodeineen ja raudoitukset millimetrin tarkkuudella. Tämän avulla tuotemallista oli mahdollista tuottaa AMA-koodeihin sidotut rakennusosakohtaiset laatuvaatimukset, sekä eksakti määräluettelo pinta-aloista, tilavuuksista ja raudoituksen massasta automaattisesti suoraan mallista. Ongelmaksi muodostui kuitenkin se, että Svensk Byggtjänst<sup>11</sup> omistaa oikeudet web-pohjaiseen laatuvaatimustyökaluun, jolla siltojen määräluettelo ja laatuvaatimukset tyypillisesti tehdään Ruotsissa. Täten sillan määräluettelo ja laatuvaatimusten täytyi koostaa kahdesta eri sijainnista sen sijaan, että Teklan ja laatuvaatimustyökalun välille olisi saatu automaattinen linkki.

Esimerkkinä on kuvassa 2.4 esitetty tuotemallin tietosisältökartan periaate yhdestä sillan kolmesta betoniholvista. Kuvaan 2.4 on ympyröity punaisella AMA-koodien sijainti Trafikverket-välilehdellä, josta ne kytkeytyvät automaattisesti Teklan multiraport generator -työkalulla tehtäviin määrä- ja massaluetteloihin.



Kuva 2.4 Röforsin sillan tiedon luokittelua (WSP Sweden)

Urakkatarjousvaiheessa tilaaja halusi kiinnittää erityistä huomiota tarjoajien tietomalliosaamiseen määrittämällä urakkatarjouksille rahallisen lisäarvon sen mukaan, miten hyvin urakoitsija pystyy ja lupaa hyödyntää mallia rakentamisvaiheessa. Lisäarvoa antavia kategorioita oli yhteensä kolme ja ne oli jaettu yhteensä 12 mallinnustehtävään, joille oli kullekin määritetty kruunumääräinen arvo tehtävän haasteellisuuden perusteella. Yhteensä urakoitsijan oli mahdollista saada tarjoukselleen lisäarvoa noin 98 500 euroa (890 000 SEK), joka vähennettiin suoraan urakkatarjouksen kokonaissummasta.

<sup>11</sup> Muistuttaa pääpiirteissään Suomen Rakennustieto Oy:tä

Lisäarvoa antavista kategorioista ensimmäinen oli taloudenhallinta ja aikataulut, jossa urakoitsijan piti esittää, kuinka se integroi kustannusten ja aikataulun hallinnan osaksi tietomallia. Toinen kategoria käsitti tuotemallin hyödyntämisen rakenneosien määrien, mittausten ja raportoinnin apuna. Kolmas ja painoarvoltaan suurin kategoria otti huomioon, kuinka urakoitsija aikoo käyttää tuotemallia jokapäiväisessä rakentamisessa sekä aliurakoitsijoidensa että tavarantoimittajiensa työkaluna. Urakkatarjousvaiheessa käytettiin yhtenä komponenttina siis lupaukseen perustuvaa arviointimenettelyä, kuten esimerkiksi Jorvaksen ratapihankin suunnitteluttamisessa.

Urakkakilpailu herätti suurta mielenkiittoa eri tahojen toimesta, ja Trafikverketin tarjousaikana tarjoamaan puolipäiväiseen yrityskohtaiseen perehdytykseen osallistui lukuisia yrityksiä. Ennen tarjouspyynnön lähettämistä Trafikverket järjesti myös ulkoisen tiedotustilaisuuden projektista potentiaalisille urakoitsijoille, joita tuli paikalle enemmän kuin oli ennakoitu. Siitä huolimatta lopulta vain 2 urakoitsijaa antoi tarjouksen työn tekemisestä, mikä kiellii tarjouksen tekemiseen liittyneestä suuresta työmäärästä ja arvioidusta riskistä työn suorittamista kohtaan. Molemminpuolisesta epävarmuudesta urakkaa kohtaan kertoo myös tarjousaika, joka oli 85 päivää normaalin noin 21 päivän sijaan.

Projektin perusteella tunnistettiin jatkokehittämistarpeita erityisesti ohjelmistopuolella. AMA-koodien ja laatuvaatimusten sitominen malliin ei vielä täysin onnistunut, ja lisäksi projektia varta vasten tehty Teklan Trafikverket-välilehti on kovin vaivalloista siirtää eteenpäin muihin projekteihin. Toinen ohjelmistoihin liittyvä ongelma on, että tieto ei siirry vielä riittävän hyvin ohjelmistojen välillä, mikä johtaa siihen, että toteuttajan on investoitava useampaan rinnakkaiseen ohjelmaan, jossa sama työ täytyy tehdä uudestaan. Ruotsista puuttuu niin ikään Suomen tavoin ohjeistus rakenneosien nimeämiselle ja muiden arvojen syöttämiselle, mikä helpottaisi oleellisesti tiedonhallintaa.

Sillan rakentaminen on tarkoitus aloittaa viikoilla 31–32 vuonna 2012, ja sen rakentamisaikataulu on noin yksi vuosi. Peruskorjauksen jälkeen sillan käyttöikä on jopa 120 vuotta. Ruotsin Liikennevirasto dokumentoi projektin lopputuloksen ja siitä saadut kokemukset perusteellisesti, ja julkistaa raportin yhteistyössä OpenBIMin kanssa.

## **2.4 Senaatti-kiinteistöjen ja talonsuunnittelun tilaajien tietomallipohjainen hankintatoimi**

Senaatti-kiinteistöt on valtionvarainministeriön alainen liikelaitos, joten sitä koskevat samat julkisten hankintojen lait ja käytettävissä olevat hankintamenettelyt kuin suurim-



pia siltojen tilaajia. Talojen ja siltojen rakennusprosessin tietomallintamisketjun lähestymistavat sen sijaan eroavat varsin paljon toisistaan, sillä ensiksikin talopuolella puhutaan pääosin eri suunnittelualojen kovista rakenteista, siinä missä siltojen osalta mukana on enemmän pehmeitä maa- ja tierakenteita. Tällä on vaikutusta erityisesti tiedonsiirtoformaatteihin, sillä avoimien formaattien kannalta kovat rakenteet ovat kohtuullisen hyvin onnistuttu siirtämään IFC-formaattiin, kun taas pehmeille rakenteille on tyypillistä, että ne tuotetaan LandXML-formaatissa. Lisäksi talonrakentamisessa toistuvat samat rakenteelliset poikkileikkaukset ja detaljit eri kohdissa rakennusta, ja rakenneosien esivalmistusaste on huomattavasti suurempi kuin sillanrakennuksessa. Siltojen rakenneosat ja detaljit joudutaan suunnittelemaan puolestaan yksityiskohtaisemmin ja siltojen betonirakenteet paikallavalaen.

Toisaalta siltojen mallipohjaisen rakennusprosessin standardointi voi tulevaisuudessa osoittautua jopa helpommaksi kuin talonrakennuksessa, sillä siltaklusteri on kokonaisuudessaan talopuolta ketterämpi. Yhteiset pelisäännöt ovat helpompia sopia ja muutokset nopeampia tehdä, kun yrityksiä ja julkisia tilaajia on vähemmän. Talohankkeiden standardointia vaikeuttaa myös se, että talopuolella korostuu ennen kaikkea eri suunnittelualojen ja arkkitehdin suunnitelmien sekä eri ohjelmistoilla tehtyjen mallien yhdistäminen. Siltahankkeissa suunnittelija voi ainakin tyypillisesti tehdä ratkaisuja verrattain itsenäisesti.

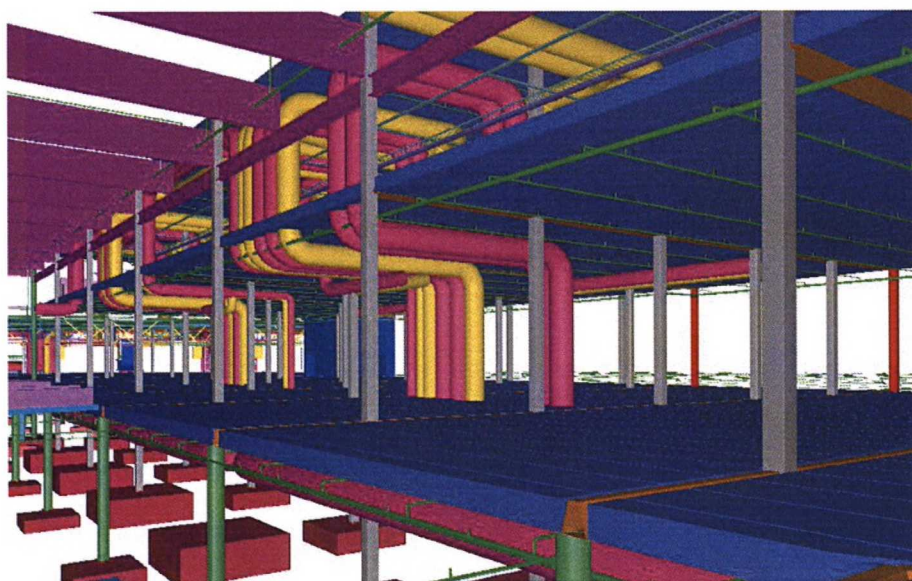
Tietomallintaminen on toteutuneissa Senaatin suunnittelupalveluiden hankintailmoituksissa sisällytetty jo tarjoajan soveltuvuutta koskeviin vaatimuksiin. Arkkitehtisuunnittelu tulee tehdä mallintamalla, ja käytettävän suunnitteluohjelmiston tulee olla yhteensopiva jonkin avoimen standardin – käytännössä IFC:n – kanssa. Tarjouspyynnön liitteenä voidaan lähettää hankekohtainen projektiohjelma, jossa määritetään yksityiskohtaisesti mihin tietomallinnusta kyseisessä projektissa tulee käyttää. Näitä asioita ovat esimerkiksi laadunvarmistus, yhdistelmämallin tekeminen, telinesuunnitelma, energiasimuloinnit, rakennettavuusanalyysi ja onnettomuustilanteiden simulointi. On tärkeää, että mallinnusvaatimukset määritetään riittävän tarkasti ja selvitetään kaikille osapuolille, sillä liian suurpiirteiset tavoitteet, kuten esimerkiksi tuottavuuden parantuminen tai vuorovaiikutteisuuden lisääminen, eivät johda haluttuun lopputulokseen.

Toinen vaihtoehto määritellä mallinnuksen tavoitteet ja vaatimukset on viitata tarjouspyynnössä yleisellä tasolla YTV 2012 -ohjeeseen, ja rastittaa sieltä kyseisessä projektissa haluttu mallinnustarkkuus. Tällöin YTV 2012 -ohjetta sovelletaan jokaiseen suunnittelualaan ja eri osapuolten projektitehtäviin. Talonrakennussuunnittelun yleinen ongelma on kuitenkin tilaajien tietämättömyys yleisistä mallinnusohjeista ja -tavoitteista, jolloin mallinnuksen käyttötarkoitus jää epäselväksi. Tästä seuraa, että mallintamisen tark-

kuus ja käyttötarkoitukset eivät ole hankkeen kannalta optimaalisia. Tilaajan on esimerkiksi helppo vaatia mallintamaan kaikki paikallavaluraudoitteet vain varmuuden vuoksi. Tämä saattaa olla kuitenkin hukkaan heitettyä aikaa, jos urakkatarjous tehdään kuvien perusteella, kuvia ei luoda mallista eikä mallinnettuja raudoitteita hyödynnetä muutoinkaan. Lisäksi tietomallintamisen tai 3D-suunnittelun vaatiminen joissakin talonrakennuksen tarjouspyynnöissä on johtanut siihen, että suunnittelija on saanut vapaat kädet neuvotella mallintamisen sisällöstä ja tavoitteista ja ohjata mallintamista haluamaansa suuntaan. YTV 2012 -ohjetta ja sen soveltumista sillansuunnittelun hankintaan käsitellään kappaleessa 2.1.4.

YTV 2012 julkistamisen jälkeen Senaatti on alkanut työstää julkisten rakennuttajien kanssa yhteistyössä täsmennettyä tilaajan ohjetta, jossa otetaan kantaa eri hanketyyppien kautta tuleviin erityisvaatimuksiin. Täsmennetyssä tilaajan ohjeessa otetaan kantaa esimerkiksi siihen, miten kunnallisen päätöksenteon prosessit vaikuttavat mallintamisen vaatimuksiin projektin eri vaiheissa.

Talonrakennuskohteissa Solibri Model Checker on vakiinnuttanut asemansa tilaajan työkaluna tarkastella malleja sekä suunnitelmien virheettömyyttä. Solibrilla voidaan esimerkiksi tehdä automaattisia törmäystarkasteluja, tehdä erinäisiä laatu- ja turvallisuusanalyyskejä, löytää potentiaaliset lämpöenergian vuotokohdat läpivalaisemalla rakennus, tarkistaa rakenneosien koodien oikeellisuus ja lentää rakennuksen sisälle. Kuvassa 2.5 on kuvakaappaus Solibrista, joka kertoo hyvin talokohteiden eri suunnitelma- mallien yhdistämisen tärkeyden. Kuvat 2.2, 2.3 ja 2.5 havainnollistavat myös talo- ja siltahankkeiden täysin erilaista lähestymistapaa ja vaadittavaa tietomallisisältöä. Jatkossa Solibrin käyttömahdollisuuksia olisi joka tapauksessa hyvä tutkia myös siltahankkeissa.



Kuva 2.5. Kuvakaappaus Solibri Model Checker ohjelmasta. (Solibri, Inc. 2012)



Dokumentointimuotona Senaatilla on positiivisia kokemuksia ja odotuksia myös 3D-PDF:n käytöstä. 3D-PDF:ssä kappaletta voi esimerkiksi pyöritellä ja tarkastella siihen tallennettuja ominaisuuksia, ja tiedostoon voi sisällyttää kolmiulotteisen kappaleen lisäksi tekstiä, taulukoita ja kuvia. Koska 3D-PDF:n katseluun riittää ilmainen Adobe Reader, se on helppo lähettää eri osapuolille tarkasteltavaksi ja kommentoitavaksi ilman kalliita lisenssimaksuja. Haastattelujen perusteella 3D-PDF arkistointiformaattina jakaa mielipiteitä, sillä se ei pitkässä mittakaavassa vastaa mallipohjaisen huoltokirjan tarpeita. Esimerkiksi 3D-PDF:n päivittäminen rakennuksen ylläpitovaiheen muuttuvilla rakenneosakohtaisella tiedolla ei ole mahdollista ilman sen tuottamiseen käytettyä tietomallia. 3D-PDF:n käyttömahdollisuudet ja kokemukset olisivat kuitenkin jatkossa hyvä selvittää myös sillansuunnitelmien arkistointiformaattina.

Silti talopuolellakaan kaikkia detaljeja ei tehdä yleisesti vielä mallintamalla, vaan niitä tuotetaan edelleen 2D-CADilla, ja toimitetaan perinteisinä PDF-dokumentteina. Tuotemallien tarkkuustaso vaihtelee, ja mallinnustehtäviä tarkennetaan usein suunnittelupalaverissa hankkeen edetessä. Keskeistä jokaisessa talonrakennushankkeessa on arvioida, mitä varten mallinnetaan, sillä tuotemallin tai sen detaljin käyttämättä jättäminen on merkittävä hukkatekijä. Tarjouspyynnössä pelkkä mallintamisen vaatiminen ja YTV 2012 -vaatimuksiin viittaaminen ei siis määrittele kaikkia mallinnuksen tehtäviä, vaan tarkoituksenmukaista on määritellä hankekohtaisesti tarpeet mallintamiselle. Esimerkiksi kaikkien silloissa tyypillisten paikallavaluraudoitteiden ja liitosdetaljien mallintaminen ei ole talonrakentamisessa kannattavaa, jos mallista ei tulosteta tarkkoja määrä- ja massaluetteloita eikä mallia käytetä suoraan rakentamisen tukena.

Vaikka Senaatti-kiinteistöillä on vielä paljon kehitettävää mallipohjaisessa hankintatoumissaan, on se monella tapaa suunnannäyttävä muille rakennusalan tilaajille. Yksi oleellisimmista tekijöistä on se, että Senaatti pystyy kilpailuttamaan mallipohjaisesti suunnittelijoita yhteisiin pelisääntöihin pohjautuen. Lisäksi Senaatilla on kokemusta vuodesta 2001 asti projektien tietomallintamisesta, ja mallinnuksen vaatiminen erityisesti uudisrakentamisen projekteissa on vakiinnuttanut asemansa osana tarjouspyyntöä. Senaatin voidaan todeta saaneen selvää lisäarvoa rakennuksilleen ja madaltaneen niiden käyttö- ja ylläpitokustannuksia tietomallinuksella.

### 3 Infran tilaajien hankintatoimen perusteet

Sillansuunnittelun hankintaa voidaan tilaajan näkökulmasta ajatella sekä tuotteen että palvelun hankintana. Varsinainen sillansuunnittelu on asiantuntijapalvelua, johon pätevät palvelun keskeisimmät tunnistetut piirteet: epäkonkreettisuus, erottamattomuus käyttäjästä, heterogeenisuus ja säilömittömyys (Iloranta 2008, 380–403). Tuotettavat suunnitteludokumentit ovat puolestaan eri siltakonsulttien kesken vertailtavissa olevia konkreettisia lopputuotteita, mikä on osaltaan vaikuttanut siihen, että tietomallipohjaisissa projekteissa on alettu käyttää termiä tuotemalli. Iloranta (2008) määrittelee hankinnan seuraavasti:

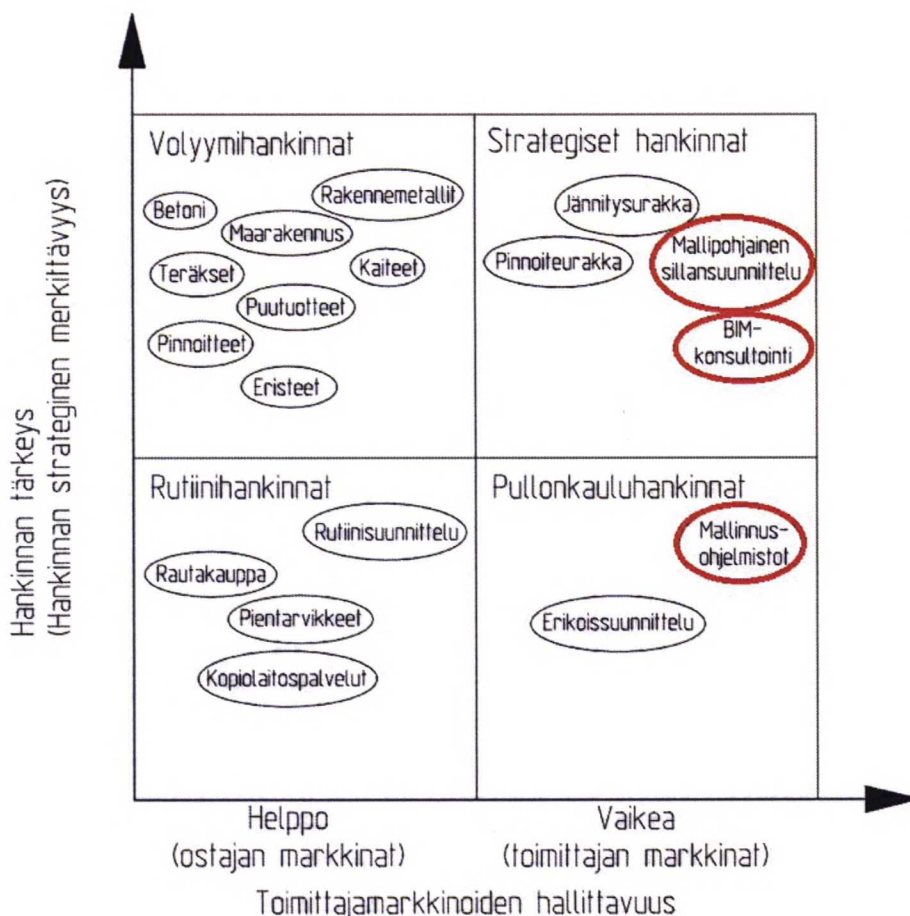
*Hankinta on organisaation ulkoisten resurssien hallintaa. Organisaation toiminta, ylläpito, johtaminen ja kehittäminen vaativat erilaisia tuotteita ja palveluita sekä erilaista osaamista ja tietämystä organisaation ulkopuolelta. Hankinta pyrkii hyödyntämään toimittajamarkkinoiden mahdollisuudet niin, että lopullisen asiakkaan tarpeet tulevat tyydytetyksi halutulla, yrityksen kokonaisetua maksimoivalla tavalla.*

#### 3.1 Hankinnan portfolioanalyysi

Hankinnan portfolioanalyysin lähtökohtana on hankintojen jaottelu niiden tärkeyden ja niihin liittyvien riskien perusteella. Hankintayksikön näkökulmasta kaikki ostetut tuotteet ja palvelut eivät ole strategisesti samanarvoisia, joten niitä tulee myös tarkastella, käsitellä ja ohjata eri tavoin. Esimerkiksi samantyyppiset betonipalkkisillat osana maantietä ja suunnittelukilpailun tuloksena toteutettava yksittäinen kevyenliikenteen silta ovat tilaajan kannalta aivan eri asia. Portfolioanalyysi on yksinkertainen, mutta hyvin käyttökelpoinen työkalu peilata tietyn hankittavan tuote- tai palveluryhmän tärkeyttä sen toimittajamarkkinoiden riskeihin ja vaikeuteen, jossa myös konsultin tietomalliosaaminen nousee merkittävään rooliin. (Iloranta 2008, 142)

Alan kirjallisuudessa on esitetty parin viimeisen vuosikymmenen kuluessa useita samankaltaisia luokittelumatriiseja, joista tässä työssä käytetään Peter Kraljicin vuonna 1983 esittämää alkuperäistä matriisia. Matriisi soveltuu mainiosti myös asiantuntijapalveluiden hankintaan ja sen käytössä on tärkeä huomata, että siinä tarkastellaan hankittavia tuote- ja palveluryhmiä eikä toimittajia (Iloranta 2008, 142–145). Kuvassa 3.1 Kraljicin matriisin käyttöä on tarkoituksenmukaisesti laajennettu koskemaan myös urakointivaihetta, koska tämä havainnollistaa paremmin suunnittelupalveluiden sijoittumisen rakennusprosessin muihin hankintoihin nähden. Suunnittelua sisältävissä urakkamuodoissa, esimerkiksi ST-hankkeissa, kuva 3.1 olisi siten hyvin käyttökelpoinen.





**Kuva 3.1.** Kuvitteellinen esimerkki Kraljicin matriisista, jossa on luokiteltuna projektinjohtokonsultin hankinnat (Muokattu lähteistä Iloranta 2008 ja Anttila et al. 2008).

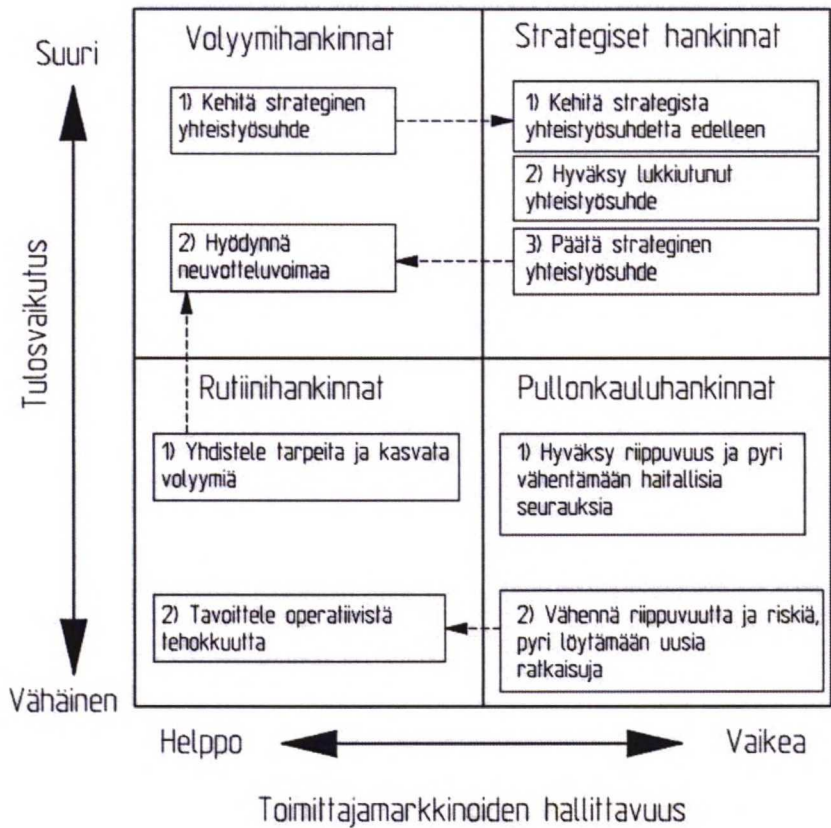
Kuvasta 3.1. voidaan havaita, että tietomallinnus vaikuttaa hankintayksikön kannalta erityisesti toimittajamarkkinoiden hallittavuuteen ja siihen liittyviin riskeihin. Kokeneita ja ammattitaitoisia mallipohjaisten palveluiden toimittajia ei käytännössä ole, minkä johdosta myöskään tilaajayksiköillä ei ole kokemuksia heidän palveluistaan. Riskinä on lisäksi, että tietyt toimittajat saavat kilpailuetua tai luovat itselleen monopoliaseman muistut-tavan aseman, eivätkä muut toimittajat pysty vastaamaan laadullisesti tai toiminnallises-ti markkinajohtajan palveluihin. Esimerkiksi ohjelmistopuolella on havaittavissa, että jotkin mallinnusohjelmat ovat saavuttaneet jopa alueellisen monopoliaseman tietomal-linnuksessa. Tilaajan näkökulmasta siirtymävaiheessa tietomallipohjaiseen rakennus-prosessiin on tärkeää, ettei palvelun tuottajille luoda tarpeetonta monopoliasemaa sijoit-tamalla hankittavia tuote- ja palveluryhmiä aivan matriisin oikeaan reunaan.

Rakennusalaalla toimittajamarkkinoiden hallittavuuteen on perinteisesti vaikuttanut myös suhdanneherkkyys. Erityisesti laskusuhdanteesta johtuen markkinoilla saattaa olla use-ampia kilpailevia suunnittelukonsultteja, jotka ovat halukkaita ja kykeneviä täyttämään tilaajan tarpeet. Tällöin voidaan puhua ostajan markkinoista. Vastaavasti toimittaja-markkinoilla saattaa olla vain muutama tai ääritapauksessa yksi konsultti, joka pystyy

vastaamaan tilaajan tarpeisiin. Jos toimittajavaihtoehtoja on vähän, kuten esimerkiksi tietomallinnusohjelmistoja tarjoavia yrityksiä Suomessa, voidaan puhua toimittajan markkinoista.

Matriisin pystyakselilla oleva hankinnan tulosvaikutus tai tärkeys kuvataan yleensä hankinnan volyymillä (Iloranta 2008, 142). Siltojen tapauksessa erityisesti veroja maksaville sillan käyttäjille tuotetulla lisäarvolla on siihen suuri merkitys. Tulosvaikutus saattaakin terminä olla aluksi hieman harhaanjohtava puhuttaessa sillan merkittävyydestä osana infrastruktuuria. Parempi mittari olisi sillan ylittävien autojen tai jalankulkijoiden määrä, kulttuurillinen tai maisemallinen arvo.

Samaan matriisiin neljännekseen sijoittuville hankinnoille voidaan määrittää yhteinen perushankintastrategia, jonka mukaan kyseisiä hankintoja käsitellään. Keskeinen kysymys kuuluu, mikä on tilaajaorganisaation asema suhteessa palvelun toimittajaan ja miten sitä voisi parantaa. Kuva 3.2 hahmottaa perusstrategioita ja niiden vaihtoehtoja tarkemmin. Seuraavassa käydään lyhyesti läpi samaan matriisiin neljännekseen sijoittuvien hankintojen perusstrategioita.



Kuva 3.2. Eri hankintakategorioiden perusstrategiat ja muutossuunnat (Iloranta 2008, 154)



Volyymituotteena sillansuunnittelussa voidaan pitää esimerkiksi suuria väylähankkeita, joihin kuuluu monta samantyyppistä siltaa. Tällaisten hankkeiden perusstrategia on vahva kilpailuttaminen hinnalla. Kilpailuttamiseen on liitetty toisaalta varjopuolena toimittajien heikko motivaatio yhteistyöhön ja tuotteen, palvelun tai prosessin kehittämiseen, mikä erityisesti tietomallipohjaisissa projekteissa saattaa muodostua ongelmaksi. Kyseinen ongelma voidaan kuitenkin ratkaista hakeutumalla tiiviimpään yhteistyöhön jonkin toimittajan kanssa, jolloin riskiksi nousee puolestaan kasvava riippuvuus kyseisestä toimittajasta ja hankinnan siirtyminen strategisiin hankintoihin kuvan 3.2 mukaisesti. Mallipohjaisen sillansuunnittelun ja siihen liittyvien palveluiden saaminen volyymituotteiden neljännekseen on tilaajille ensiarvoisen tärkeää. Toisin sanoen siltojen tilaajien tulisi pystyä määrittämään mallinnusvaatimukset niin tarkasti, että suunnittelijoille jäisi mahdollisimman vähän neuvotteluvaraa mallipohjaisen suunnitelman sisällöstä, ja tilaajat saisivat yhteismitallisia tarjouksia. Yksinkertaistettuna tämä toimii pohjana myös tälle tutkimukselle ja Infra FINBIMin ensimmäiselle alapaketille. (Iloranta 2008, 153)

Vahvaan hinnalla kilpailuttamiseen sisältyy tarjoajien kannalta toisaalta myös motiivi ja mahdollisuus kehittää omaa suunnitteluprosessia tehokkaammaksi siten, että sillä saadaan hintakilpailuetua kilpailijoihin nähden. Mitä nopeammin ja tehokkaammin suunnittelu saadaan tehtyä, sitä halvemmassa tarjous voidaan hinnoitella. Esimerkiksi tietomallinnusohjelmien kirjastojen ja muiden automaatiotyökalujen avulla on mahdollista kehittää suunnitteluprosessia huomattavasti tuottavammaksi. Puhtaaseen hintakilpailuun liittyy kuitenkin aina riski velvoitteiden sekä suunnittelutehtävien ristiriitaisista tulkinnoista ja palvelun tuottajan pyrkimys saada lisätöitä alkuperäiseen suunnittelusopimukseen.

Vaikka rutiinituotteista sillansuunnittelussa on väärin puhua, voidaan yhteen niputtamista soveltaa silti perusstrategiana. Sirpaloituneiden hankintojen yhdistäminen suuremmiksi kokonaisuuksiksi kasvattaa toimittajien mielenkiintoa ja ostajan neuvotteluasemaa. Esimerkiksi kaupungin aluehanke, johon sisältyy siltojen lisäksi muun infran suunnittelua, kiinnostaa enemmän suuria konsulttitoimistoja kuin yksittäisen liikennesillan suunnittelu. Samalla kustannustasot putoavat usein todella merkittävästi. Esimerkiksi samantyyppisten siltojen nivominen yhteen nopeuttaa niiden mallinnusta huomattavasti, koska mallinnusta ei tarvitse aloittaa joka kerta tyhjältä pöydältä. Myös liikennevirasto on soveltanut tätä strategiaa uusissa väylähankkeissaan. (Iloranta 2008, 153–154)

Pullonkaulatuotteissa perusstrategia pohjautuu niiden saatavuuden varmistamiseen. Tuotekehityksen ja -suunnittelun rooli on merkittävä, jotta ostajalle kalliista riippuvuu-

desta päästäisiin eroon. Pullonkaulatuotteen kehittäminen ja aktiivinen sekä järjestelmällinen vaihtoehtoisen toimittajan etsiminen siten, että vaihtoehtoisia toimittajia tuotelle on vähintään kaksi, helpottaa ostajan asemaa jo merkittävästi. (Iloranta 2008, 154–155)

Äärimmäinen strategisiin tuotteisiin liittyvä täydellinen riippuvuus yhdestä toimittajasta saattaa joissain tapauksissa olla jopa toivottava tilanne. Tällöin tiiviillä yhteistyöllä on mahdollista kehittää omaa toimintaa toimittajan asettamien rajoitteiden puitteissa. Kun tilaajana toimii yksityinen yritys, kuten esimerkiksi suunnittelua sisältävissä hankemuodoissa, tilaajalla on mahdollisuus tavoitella myös kilpailuetua omalla sektorillaan. Useimmiten kilpailutilanteen luominen ja järjestelmällinen vaihtoehtojen etsintä ovat kuitenkin parempia strategioita, jolloin myös riippuvuus yhdestä toimittajasta vähenee. Mikäli tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, tiivis yhteistyö on ainoa vaihtoehto. Hyvä esimerkki tästä on työn alussa mainittujen kehityshankkeiden tekemä yhteistyö siltakonsulttien ja Teklan kanssa, mikä osaltaan on ollut nostamassa Suomea infra-alan tietomallintamisen edelläkävijäksi maailmanlaajuisesti. (Iloranta 2008, 153–155)

Näihin yksinkertaisiin portfoliomatriiseihin perustuvaa hankintojen lajittelua pidetään erittäin keskeisenä rakennuselementtinä tilaajayksikön hankintastrategiaa muodostettaessa. Hankintojen luokittelussa keskeinen ulottuvuus on myös osapuolten välinen suhteellinen voimatasapaino ja siihen kuuluvat suhteelliset valta-asemat. Asiakkuussuhteessa paremmassa valta-asemassa oleva pystyy myös dominoimaan paremmin suhdetta. Osapuoli – useimmiten sillansuunnittelija – jolla on enemmän tietotaitoa tietomallintamisesta saa myös mitä luultavimmin paremman neuvotteluaseman määritettäessä yhteisiä mallinnustavoitteita. Toisaalta myös kyky etsiä ja vaihtaa toimittajaa sekä siitä aiheutuvat kustannukset kussakin markkinatilanteessa vaikuttavat voimatasapainoon niin yksittäisessä asiakassuhteessa kuin koko rakennusallalla. Esimerkiksi Liikennevirasto ja pienet kunnat ovat huomattavan erilaisessa valta-asemassa hankkiessaan mallipohjaista sillansuunnittelua. Keskinäisiin valta-asemiin neuvottelussa vaikuttavat muun muassa:

- tiedon epäsymmetria, kuten esimerkiksi tilanne, jossa siltakonsultti tietää tai hänellä on olennaisesti enemmän tietomalliosaamista kuin tilaajalla
- tilaajan tarkastuskäytännöt ja muut kuin mallinnustekniikkaan liittyvät määrätykset, ohjeet ja vaatimukset
- tilaajan resurssit ohjata työtä
- muiden toimittajien ja asiakkaiden määrä sekä kilpailun aggressiivisuus
- keskinäisen liikevaihdon suhteellinen tärkeys
- toimittajan tai asiakkaan houkuttelevuus, kuten esimerkiksi kate tai referenssiarvo



- toimittajan vaihtamisen kustannukset
- neuvottelun kohteen räätälöinnin aste. (Iloranta 2008)

3.2 Tilaajan rooli julkisissa hankkeissa

Suomessa siltahankkeen tilaaja on lähes poikkeuksetta myös sillan lopullinen omistaja. Ylivoimaisesti suurimman osan Suomen silloista omistaa Liikennevirasto, mutta julkisina tilaajina myös kunnat ja ELY-keskukset tilaavat siltoja joko yksinään tai yhteistyössä Liikenneviraston kanssa. Koska hankkeet ovat julkisen sektorin tilaamia, noudatetaan sillansuunnittelua tilattaessa aina hankintalainsäädäntöä, joka antaa perusperiaatteet kaikille hankinnoille. Lain mukaan tilaajan on käytettävä hyväksi olemassa olevat kilpailuolosuhteet, kohdeltava hankintamenettelyyn osallistuvia tasapuolisesti ja syrjimättä sekä toimittava avoimesti ja suhteellisuuden vaatimukset huomioon ottaen (Finlex 2012, 2 §). Laki koskee ainoastaan kaikkia kansallisen kynnysarvon ylittäviä hankintoja, joten kynnysarvon alittavissa hankinnoissa sovelletaan hallintolain ja kuntalain tasapuolisuus-, avoimuus- ja menettelytapavelvoitteita. Kynnysarvon ylittyminen arvioidaan käyttäen hankintasopimuksen suurinta maksettavaa verotonta kokonaiskorvausta, johon lasketaan mukaan muun muassa optio- ja pidennysehdot sekä hankintamenettelyn kuluessa maksettavat palkkiot ja maksut. (Tauriainen 2007)

Taulukossa 3.1. on esitetty lainsäädännön mukaiset hankintamenettelyt ja vastaavat lain kohdat vuoden 2012 verottomien kynnysarvojen mukaan. Taulukossa on huomattavaa, että Liikenneviraston vuonna 2012 käyttämä EU-kynnysarvo 130 000 euroa, sillä Liikennevirasto on valtion keskushallintoviranomainen, toisin kuin muut siltojen tilaajat. Taulukkoa tulkittaessa on myös huomattavaa, että noudatettavat lain kohdat vaihtuvat joissain hankintamenettelyissä kynnysarvojen ylittyessä.

Taulukko 3.1 Lainsäädännön mukaiset hankintamenettelyt ja niitä vastaavat lain kohdat verottomien vuoden 2012 kynnysarvojen mukaan. (Finlex 2012)

HANKINTAMENETTELY	HANKINNAN ARVO (Alv 0%)			
	< 30000 €, kansallinen kynnysarvo	... 50000 €	...130000/200000 €, EU-kynnysarvo (v.2012)	> EU-kynnysarvo
Avoim menettely	Kilpailuttaminen tilaajan omien hankintaohjeiden mukaan.	5 § 1 mom. kohta 10	5 § 1 mom. kohta 10	5 § 1 mom. kohta 10
Rajoitettu menettely		5 § 1 mom. kohta 11	5 § 1 mom. kohta 11	5 § 1 mom. kohta 11
Neuvottelumenettely		66 § 1 ja 3 mom.	66 § 2 ja 3 mom. 25 1 mom.	25-26 §
Suorahankinta		67 §, 27-28 §	67 §, 27-28 §	27-28 §
Kilpailullinen Neuvottelumenettely		29-30 §	29-30 §	29-30 §
Suunnittelukilpailu		22 §, 33-34 §	22 §, 33-34 §	22 §, 33-34 §

Suorahankintamenettelyä lukuun ottamatta kynnysarvon ylittävästä hankinnasta on aina ilmoitettava julkisesti ennen hankintaan ryhtymistä. EU-kynnysarvon alittavista hankinnoista tulee aina ilmoittaa HILMAssa, ja tilaajayksikön harkinnan mukaan suoraan myös sen soveliaaksi arvioimilleen toimittajille, kuten silta-alalla on ollut tapana. Mikäli hankinta ylittää EU-kynnysarvon, HILMA-järjestelmä ohjaa ilmoituksen lisäksi Creditaan. Laki edellyttää myös, että tilaaja tekee tarjouskilpailun ratkaisusta erillisen kirjallisen hankintapäätöksen. Päätöksestä tulee käydä ilmi siihen vaikuttaneet keskeiset seikat kuten voittaneen tarjoajan nimi, ehdokkaan, tarjoajan ja tarjouksen valintaperusteet, kriteerit ja pisteytys sekä niiden soveltamistapa. Päätös sisältää myös perustelut neuvottelumenettelyn, puitejärjestelyn tai suorahankinnan käytölle, ja se lähetetään tiedoksi kaikille hankinnassa mukana olleille. (Tauriainen 2007)

Tilaaja määrittelee hankkeelle toiminnalliset, tekniset ja laadulliset vaatimukset ja tavoitteet sekä arvioi hankkeen kiireellisyyden ja laajuuden. Tilaajan asettamat vaatimukset vaikuttavat suoraan siihen, miten hyvin silta vastaa käyttäjien tarpeita. Suuret siltojen tilaajat ovat perinteisesti hoitaneet itse kaikki tai suurimman osan rakennuttamistehtävistä, mutta nykyään varsinkin suuremmissa hankkeissa on yleistä, että rakennuttamistehtävät ostetaan joko osittain tai kokonaan ulkopuoliselta rakennuttajakonsultilta. Tällöin tilaajan vastuulla olevat rakennuttamisen organisaatiotehtävät ovat:

- rakennuttamistoimeksiantoon liittyvät tehtävät
- rakennuttamissopimuksen valmistelu ja laatiminen
- rakennuttamisen seuranta. (Kankainen & Junnonen 2001, 12)

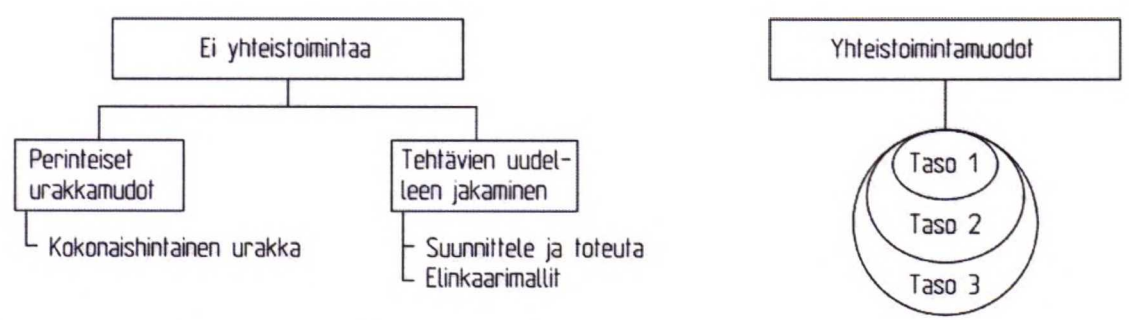
Käytännössä tilaajan ja suunnittelijan välinen suunnittelusopimus pohjautuu useimmiten konsulttitoiminnan yleisiin sopimusehtoihin KSE 1995:een. Tilaajan keskeisinä velvollisuuksina sopimusehtojen mukaan on luovuttaa sovitun aikataulun mukaisesti suunnittelijan käyttöön korvauksetta työn suorituksessa tarvittavat asiakirjat ja lähtötiedot, kuten kartat, piirustukset ja muut tilaajan hallussa olevat perustiedot. Lisäksi tilaajan tulee luovuttaa konsultille korvauksetta sellaiset hallussaan olevat suunnitelmat ja kohteen käyttötarkoitusta koskevat tiedot, joita konsultti tarvitsee työnsuojelua koskevien säännösten ja määräysten huomioonottamiseksi. Tilaajan tulee hoitaa myös lakien ja viranomaismääräysten edellyttämät tehtävät, yhteydenpito ulkopuolisiin maanomistajiin ja laitoksiin sekä hankkia tarvittavat luvat. Lisäksi tilaajan tulee johtaa ja valvoa toimeksiannon suorittamista siten, etteivät suunnittelutyön tarkastukset eikä päätöksenteko viivästytä sovitun aikataulun mukaista tehtävän suorittamista ja valmistumista. (Rakennustieto 1995, 3)



### 3.3 Toteutusmuodot infrahankkeissa

Toteutusmuodon valinta on yksi tärkeimmistä päätettävistä asioista koko hankkeen ominaisuuksien kannalta, ja se vaikuttaa merkittävästi myös suunnitteluprosessiin. Toteutusmuoto on pääosapuolten työnjaon ja sopimussuhteiden määrittelemä ratkaisu, joka muodostaa periaatteellisen viitekehyksen hankkeen kilpailuttamiselle ja yhteistyölle. Toteutusmuodon valinta täytyy olla jo osana hankesuunnitelmaa, vaikka lopullisesti se päätetäänkin vasta toteuttamispäätöksen yhteydessä. Oikea toteutusmuoto on sekä keino välttää ongelmia että avain hankekohtaisten erityistavoitteiden saavuttamiseen. (Peltonen & Kiiras 1998) Toteutusmuodon valinnalla on myös suuri vaikutus siihen, kuinka innokkaasti toimijat haluavat implementoida uusia työkaluja liiketoiminnassaan.

Toteutusmuodot voidaan karkeasti jakaa osapuolten riskien ja tuotto-odotusten mukaan kuvan 3.3 mukaisesti. Perinteisesti suosituissa kokonaishintaisissa pääurakoissa riskit ovat pääosin tilaajalla, joka myös vastaa suunnitelmien oikeellisuudesta. Tehtävien uudelleen jakamisella on joissain tapauksissa saavutettu parempia suunnitteluratkaisuja, mutta riskinä on suunnitteluttamisen ammattitaidon puute. Varsinaisissa yhteistyömuodoissa lähtökohtana on puolestaan saada eri osapuolet tekemään yhteistyötä ja sitoutumaan hankkeeseen yhteisen riskienjaon, tavoitteen, bonuksen ja sanktion avulla. Myös yhteistoimintamuotoja voidaan jakaa riskien ja tuottojen perusteella kolmeen tasoon. (Valtonen 2011, 21–22)



Kuva 3.3 Toteutusmuodot ja yhteistyö (muokattu lähteestä Kenig et al. 2010, 4–9)

Seuraavassa on esitelty lyhyesti sillanrakennuksessa käytettyjä tyypillisimpiä urakka-muotoja ja arvioitu niiden soveltuvuutta tietomallipohjaiseen suunnittelunhankintaan.

#### 3.3.1 Kokonaishintainen urakka

Perinteisesti sillanrakennushankkeissa on käytetty ylivoimaisesti eniten kokonaishin-taista urakkaa, jossa suunnittelija, urakoitsija ja tilaaja toimivat kaikki itsenäisesti. Tyy-pillisesti sillan tilaaja suunnitteluttaa ensin rakennussuunnitelmat kokonaan tai suurim-maksi osaksi valmiiksi, ja kilpailuttaa sitten urakoitsijat hankkimiensa suunnitelmien

avulla urakkakilpailulla. Urakoitsijaksi valitaan yleensä alimman hinnan tarjonnut toimija, jolla todetaan olevan riittävät edellytykset suoriutua urakasta. Tilaaja solmii sitten urakkasopimuksen urakoitsijan kanssa, joka tekee tarvittaessa aliurakkasopimukset erikoisurakoitsijoiden kanssa. Mikäli tilaaja tai rakennuttaja on ositellut hankkeen osaurakoiksi ja tehnyt sopimuksen pääurakoitsijan lisäksi myös erikoisurakoitsijoiden tai materiaaalitoimittajien kanssa, kutsutaan urakkamuotoa projektinjohtorakentamiseksi. (Kankainen & Junnonen 2001, 26–32)

Kokonaishintainen urakka ei kannusta suunnittelijoita ja urakoitsijoita välittämään tietoa avoimesti toisilleen. Osapuolet maksimoivat oman voittonsa tekemällä mahdollisimman pienellä työllä tarjouksessa määritetyt tehtävät, koska työn suorittamiseen ei liity mitään kannustimia. Tähän liittyy usein tietojen, työmenetelmien ja päätösten salailua sekä pyrkimystä saada näistä kilpailuetua avoimen yhteistyön kustannuksella. Perinteisessä siltahankkeessa tieto välittyy tyypillisesti dokumenttien avulla tilaajan tai rakennuttajan kautta, jolloin suunnittelijan ja urakoitsijan välille syntyy tiedon ”palomuri”. (Valtonen 2011, 23) Tämän vuoksi myös uusien mallipohjaisten työkalujen ja -menetelmien kehittäminen ja käyttöönotto on vaikeinta juuri kokonaishintaisissa urakoissa. Toisaalta mikäli tilaaja tietää tarkkaan mitä on hankkimassa, eikä koe hankkeessa olevan suuria riskejä, kokonaishintainen urakka on erinomainen toteutusmuoto myös tietomallipohjaisissa projekteissa.

Kokonaishintainen urakka on ollut ja tulee olemaan yksi yleisimmistä toteutusmuodoista sen yksinkertaisen ja kevyen kilpailutettavuuden vuoksi. Tilaajan näkökulmasta toimittajamarkkinoilta saadaan alin mahdollinen hinta, jolla hanke on mahdollista toteuttaa. Lisäksi hankintalainsäädännön edellyttämän syrjimättömän ja tasapuolisen tarjoajien kohtelun kannalta on hyvä asia, että hankkeiden valmisteluun ei tarvita toteutusmuotojen erityisosaamista, jota pienillä toimijoilla ei yleisesti ottaen ole.

### **3.3.2 Suunnittele ja toteuta -malli**

Suunnittele ja toteuta -malli eli ST-malli on yleistynyt viime vuosina erityisesti Liikennevirastossa tiivistäen urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden välistä yhteistyötä, ja lyhentäen hankkeiden kokonaisläpimenoaikoja (Tiehallinto 2007, 19). ST-mallissa urakoitsijan suoritusvelvollisuuteen kuuluu myös rakennussuunnittelusta vastaaminen, jolla tavoitellaan ajallisia säästöjä ja riskien siirtämistä entistä vahvemmin urakoitsijalle. Eriytetyn yleissuunnitelman perusteella kilpailutetaan suunnittelu- ja toteutustarjoukset urakoitsijoilta, jotka voivat ehdottaa toteutusvaihtoehtoja tilaajan asettaman viitekehysten puitteissa. ST-mallin vaikutus laatuun on kuitenkin ristiriitainen, sillä myöskään ST-hankkeissa ei työn suorittamiseen liity yleensä kannustimia, vaan urakka toteutetaan



mahdollisimman pienillä resursseilla siten, että se täyttää juuri ja juuri tilaajan antaman viitekehysten. Urakoitsijoilla on myös toisinaan ajattelutapa, että suunnitelmat ovat vain pakollinen paha osa rakentamista eikä niiden laatuun panosteta kuin sen verran, mikä on pakko.

Toisaalta ST-mallissa toteuttajilla on mahdollisuus etsiä ja esittää omia ratkaisumallejaan rakennussuunnittelun ja rakentamisen yksityiskohtiin. Lisäksi tiedonhallinta tehostuu, päätöksenteko nopeutuu ja suunnittelu on paremmin yhteydessä rakentamiseen. Mallipohjaisessa hankkeessa tämä tarkoittaa yhteistyössä tehtyä tuotemallia, joka päivitetään suunnitelmamuutoksilla ja toteutuneella tiedolla eri osapuolten käyttöön. Nämä tekijät parantavat joidenkin tutkimusten mukaan laatua ja pienentävät kustannuksia. (Valtonen 2011, 24; Kankainen & Junnonen 2001, 31; Eastman et al. 2008, 116–117)

### 3.3.3 Elinkaarimalli

Elinkaarimalli<sup>12</sup> mielletään usein toteutusmuodon sijaan palvelumuodoksi, jossa toteuttaja vastaa osasta projektin rahoitusta ja kantaa suorituksestaan perinteistä takuuaikaa pidemmän ja laajemman vastuun – yleensä 15–30 vuoden ajan. Infra-alalla odotuksia on kohdistunut erityisesti elinkaari - ja suunnittele-toteuta-ylläpidä -malleihin, joissa urakoitsija vastaa kokonaan tai osittain suunnittelusta, rakentamisesta, huollosta, ylläpidosta ja rahoituksesta, sekä on vastuussa laadusta, aikataulusta ja kustannuksista. Tällä tavalla tilaaja voi siirtää riskejä palveluntuottajalle, jolla on parhaat mahdollisuudet vaikuttaa riskienhallintaan ja laadun toteutumiseen. Tekeillä oleva uusi hankintadirektiivi kannustaa entisestään kohti elinkaarimallia, sillä siinä annetaan julkisille hankintayksiköille mahdollisuus tehdä sopimuksia elinkaarikustannusten perusteella. (Rakennetekniikka 2012, 12)

Elinkaarimallien on todettu sopivan hyvin erityisesti suuriin aluehankkeisiin tai tiehankkeisiin, sillä palveluntarjoajan kokonaisvaltainen vastuu varmistaa toiminnan läpinäkyvyyden ja johtaa hankkeen elinkaaren aikaisten kustannusten huomioon ottamiseen jo hankintavaiheessa. Rahoitus voi olla yksi merkittävimmistä kustannuskomponenteista, ja hankkeen ylläpidon kustannuksien ja investoinnin kokonaiskannattavuuden arvioiminen on syytä tehdä tarkkaan. Rahoituksen hintaan vaikuttavat yleensä vieraan pääoman korkokulut ja rakennusliikkeelle maksettava käytettävyyteen liittyvä osuus. Haastetta elinkaaripalveluiden tilaamiseen tuo se, että on vaikea määritellä vaatimuksia ja tavoitteita 15–30 vuoden päähän sekä arvioida toteumamallin arkistointitapaa vieläkin pidemmällä aikavälillä. (Elron 2009, 40; Hyvärinen 2010, 11)

<sup>12</sup> Suomessa käytetty elinkaarimalli vastaa pääpiirteissään kansainvälistä Public Private Partnership (PPP) -mallia.

### 3.3.4 Yhteistoimintamuodot

Yhteistoimintamuotojen lähtökohtana on riskien ja tuottojen jakaminen osapuolten kesken. Yhteistoimintamuotoihin ajavia tekijöitä ovat tietomallinnusohjelmistojen kehittyminen ja omistajan vaatimus paremmasta vastineesta rahalle eli value for money -ajattelu. Tavoitteena on varmistua osapuolten sitoutumisesta hankkeeseen ja mahdollistaa hankkeen parempi ohjattavuus suunnittelun ja toteutuksen limittyessä. Yhteistoimintamuodot voidaan karkeasti jakaa kolmeen tasoon kuvan 3.3 mukaisesti. (Hyvärinen 2010, 22; Eastman et al. 2011, 21)

Tasolla 1 puhutaan tyypillisestä yhteistyöstä eri osapuolien kesken, joilla ei kuitenkaan ole varsinaista sopimusta yhteistyön toteuttamisesta. Tyypillisiä sopimustyypppejä tasolle 1 ovat sen sijaan osapuolten väliset kahdenkeskiset sopimukset, kiinteä palkkio, kustannusten korvaaminen ja tavoitehintaan sidotut bonus-sanktio -kannustimet. Suunnittelija valitaan yleensä kokonaistaloudellisin perustein laatupisteitä painottaen, kun taas urakoitsijan valinnassa painotetaan yleensä enemmän hintaa. Yhdessä sovitun tavoitehinnan lisäksi osapuolet määrittävät bonukset tai sanktiot, jotka jakautuvat osapuolten kesken toteutuneen hinnan mukaan. Toisin sanoen osapuolet jakavat myös osan hankkeen riskeistä toistensa kanssa. (Kenig et al. 2010, 4–5, Aaltonen 2009, 72; Valtonen 2011, 25–26)

Neuvottelu-urakkana solmitut projektinjohtototeutusmuodot ovat hyvä esimerkki yhteistyön tasosta 1, sillä yhteistyön toteuttaminen perustuu useimmiten osapuolten väliseen luottamukseen. Projektinjohtomuodoissa on tyypillistä, että projektisuunnitelma täydentyy työn edetessä, ja että työnaikaiset hankintamenettelyt ohjaavat osaltaan rakentamista. Projektinjohtomuodot eivät kuitenkaan edellytä tai välttämättä edes kannusta osapuolia saumattomaan yhteistyöhön ja vuorovaikuttamiseen, mikä on tunnistettu projektijohtomuodon suurimmaksi riskiksi. (Aaltonen 2009, 1)

Yhteistyötasot 2 ja 3 tähtäävät enemmän siihen, että eri osapuolet sitoutuvat mahdollisimman aikaisin tekemään yhteistyötä hankkeessa, jossa myös sopimukset ohjaavat osapuolia aktiiviseen tiedonvaihtoon. Tasosta 2 käytetään nimitystä kehittynyt yhteistyö, sillä sopimuksissa vaaditaan yhteistyötä ja riskien jakamista joidenkin, mutta ei kuitenkaan kaikkien osapuolten kesken.

Tason 3 vaadittu yhteistyön taso eroaa alemmista tasoista siinä, että kaikkia hankkeen osapuolia sitoo sama sopimus. Kolmannen tason sovellutuksia ovat esimerkiksi



USA:sta lähtöisin oleva **IPD-malli**<sup>13</sup> ja Australiassa käytetty **allianssimalli**, jotka vievät tämän hetken yhteistoiminnan kaikista pisimmälle. Molempien näiden mallien lähtökohtana on, että osapuolet vastaavat yhteistyössä ja yhteisellä juridisesti pätevällä sopimuksella projektin suunnittelusta ja rakentamisesta. Kaikki osallistujat joko voittavat tai häviävät siten yhdessä. (Kenig et al. 2010, 1-5; Eastman et al. 2011, 9; Hyvärinen 2010, 22–23)

Tason 3 yhteistoimintamuotojen on todettu sopivan hankkeisiin, joissa kehitetään tai implementoidaan uutta teknologiaa, sekä yrityksen että koko alan kannalta. Tietomallinnus ja Lean Constructionin soveltaminen ovat molemmat erinomaisia katalyyttejä yhteistoimintamuotojen käyttöönotolle, sillä kaikilla näillä kolmella trendillä on samansuuntaisia tavoitteita, kuten esimerkiksi kommunikoinnin tehostaminen, tuottavuuden parantaminen ja lisäarvon tuottaminen asiakkaalle. AIA:n ja BIM-handbookin näkemys on, että yhteistoimintamuodot ovat edellytys Lean Constructionin mukaiselle asiakaslähtöisyyden maksimoinnille, joka voidaan tehokkaasti saavuttaa ainoastaan tietomallinnuksen avulla.

Pienempiin hankkeisiin, joissa tavoitteet ovat selvät ja riskit pienet, yhteistoimintamallien on todettu sopivan kuitenkin huonosti niiden raskaan perustustyömäärän vuoksi. (Hyvärinen 2010, 23; Eastman et al. 2011 297–300; Kenig et al. 2008, 9)

### 3.3.5 Allianssimalli

On selvää, että allianssimallien ja mallintamisen yhteiskäyttö yleistyy tulevaisuudessa myös Suomessa. Allianssilla toteutetut projektit hyötyvät suuresti tietomallinnuksesta, ja samalla mallinnuksesta on mahdollista saada kaikki mahdollinen hyöty irti. Toteutusmuodon toimivuudesta ja soveltuvuudesta erityisesti väylähankkeisiin on jo saatu hyviä kokemuksia Australiassa. Tämän seurauksena Suomessa ja muissa Pohjoismaissa on aloitettu useita tie- ja ratahallintojen allianssiprojekteja. (Lahdenperä 2009, 5; Morwood et al. 2008)

Allianssi luo rakennusprojektiin kaupalliset ja oikeudelliset puitteet tilaajan ja yhden tai useamman yksityisen sektorin palvelun tarjoajan välille. Käytettävillä sopimusrakenteilla varmistetaan yhteistoiminnan toteutuminen. Alliansseille on ominaista:

- yhteinen riskien jako
- ei riitelyä eikä syytelyä eri osapuolten välillä pois lukien erittäin harvinaiset laiminlyönnit

---

<sup>13</sup> IPD-mallin (Integrated Project Delivery) kehittäjänä pidetään The American Institute of Architecturea (AIA).

- palvelun tuottajille maksetaan kolmiosaisella korvausmallilla:
  1. suorat työkustannukset korvataan avointen kirjojen periaatteella<sup>14</sup>
  2. yrityksen yleiskustannukset ja normaali kate korvataan
  3. kannustinjärjestelmän perusteella maksettavat bonukset ja sanktio jaetaan oikeudenmukaisesti kaikkien allianssiosapuolten kesken.
- projektin kannalta merkittävimmät päätökset tehdään yhdessä ja yksimielisesti
- kaikki projektitiimien jäsenet valitaan ”paras kuhunkin asemaan” -periaatteella. (Morwood et al. 2008)

Allianssin tyyppipiirteet voidaan karkeasti jakaa rakenteellisiin järjestelyihin ja yhteistoiminnan luonteeseen. Ensimmäinen rakenteellisiin järjestelyihin liittyvä allianssin peruselementti on yksi **yhteinen sopimus** kaikkien eri toimijan välillä. Samalla tilaajan perinteisesti toteuttamat suunnitteluttamis- ja toteuttamistehtävät siirtyvät yhteisvastuullisesti kaikille osapuolille. Toinen peruselementti on **yhteinen allianssiorganisaatio**, johon kuuluu henkilöitä kaikista sopimusosapuolten organisaatioista – myös tilaajalta. Kolmas peruselementti on sekä positiivisten että negatiivisten **riskien jakaminen** kaikkien allianssiosapuolten kesken. Siten myös palveluntuottajien korvausvelvollisuus perustuu siihen, miten koko hankkeessa omistutaan, sen sijaan että he vastaisivat vain omasta työpanoksestaan. (Lahdenperä 2008, 13–14)

Yhteistoiminnan luonteeseen liittyvät allianssin tyyppipiirteet ovat **luottamus**, **sitoutuminen** ja **yhteistyö**. Toimijoiden välinen keskinäinen luottamus on olennainen allianssiurakan elementti, joka luo perustan yhteisten riskien kantamiselle ja avoimelle toimintamallille. Luottamuksen syntymiseen vaikuttavat tunneperäinen ja inhimillinen käyttäytyminen, joten toimijoiden raskas valintavaihe ja työpajat ovat hyvin perusteltavissa allianssin perustamisvaiheessa. Sitoutuminen on tahtotila, joka edistää samalla luottamusta, ja jota voidaan edistää kannustinjärjestelmillä, yhteisellä päätöksenteolla ja tarkoituksenmukaisilla organisaatorakenteilla. Yhteisten tavoitteiden sisäistäminen, vastaan tulevien ongelmien ratkaiseminen ja jatkuva parantaminen eivät ole mahdollista ilman luottamusta. (Lahdenperä 2008, 14) Yhteistyö ja vuorovaikutus ovat allianssin toimivuuden lähtökohtia, joita mallipohjainen tiedonhallinta parantaa merkittävästi. Mallintamisen kannalta osapuolten avoin yhteistyö ja salailun puuttuminen tarkoittaa sitä, että keskitettyä mallipohjaista tiedonhallintaa on mahdollista hyödyntää rajoituksetta. Yksi siirtymävaiheen käytännön esimerkki tästä on se, että kaikki osapuolet voivat hyödyntää natiivimalleja ja niiden kirjastoja ilman formaattimuutosten aiheuttamia ongelmia.

---

<sup>14</sup> Kansainvälisesti käytetään termiä *open book basis*.



Allianssista puhuttaessa on hyvä erottaa eri allianssivaihtoehdot ja kumppanuuden tasot, joita jo edellä on käsitelty. Erityisesti strateginen allianssi on houkutteleva vaihtoehto, jolla allianssi pyrkii saamaan pysyvää kilpailuetua valitsemallaan markkinasektorilla. Strateginen allianssi eroaa tavanomaisesta projektiallianssista siinä, että se kattaa useita projekteja tai koskee muuta pitkäkestoista yhteistoimintaa. Lisäksi allianssi sekoitetaan maailmalla yleisesti myös *partnering*-<sup>15</sup> tai *joint venture* -malliin<sup>16</sup>, koska ne korostavat vastaavia asioita kuin allianssi. Projektiallianssin ja *partnering*-mallin suurin ero on sopimusjuridiikassa, sillä *partnering* perustuu perinteisiin sopimusrakenteisiin, eikä se velvoita sopimuksellisin velvoittein yhteistyöhön. Näin ollen *partnering* on vain yhteistyömenettely siinä, missä projektiallianssi on sekä yhteistyömenettely että rakennushankkeen toteutusmuoto. *Joint venture* -mallin pääperiaate on, että useampi yritys yhdessä perustaa yhteisyrityksen eli *joint venture*n, joka vastaa yhdessä kaikesta liiketoiminnastaan. Tämän erona allianssiin on muun muassa tilaajan puuttuminen kyseisen sopimusjärjestelyn piiristä. (Lahdenperä 2008, 15)

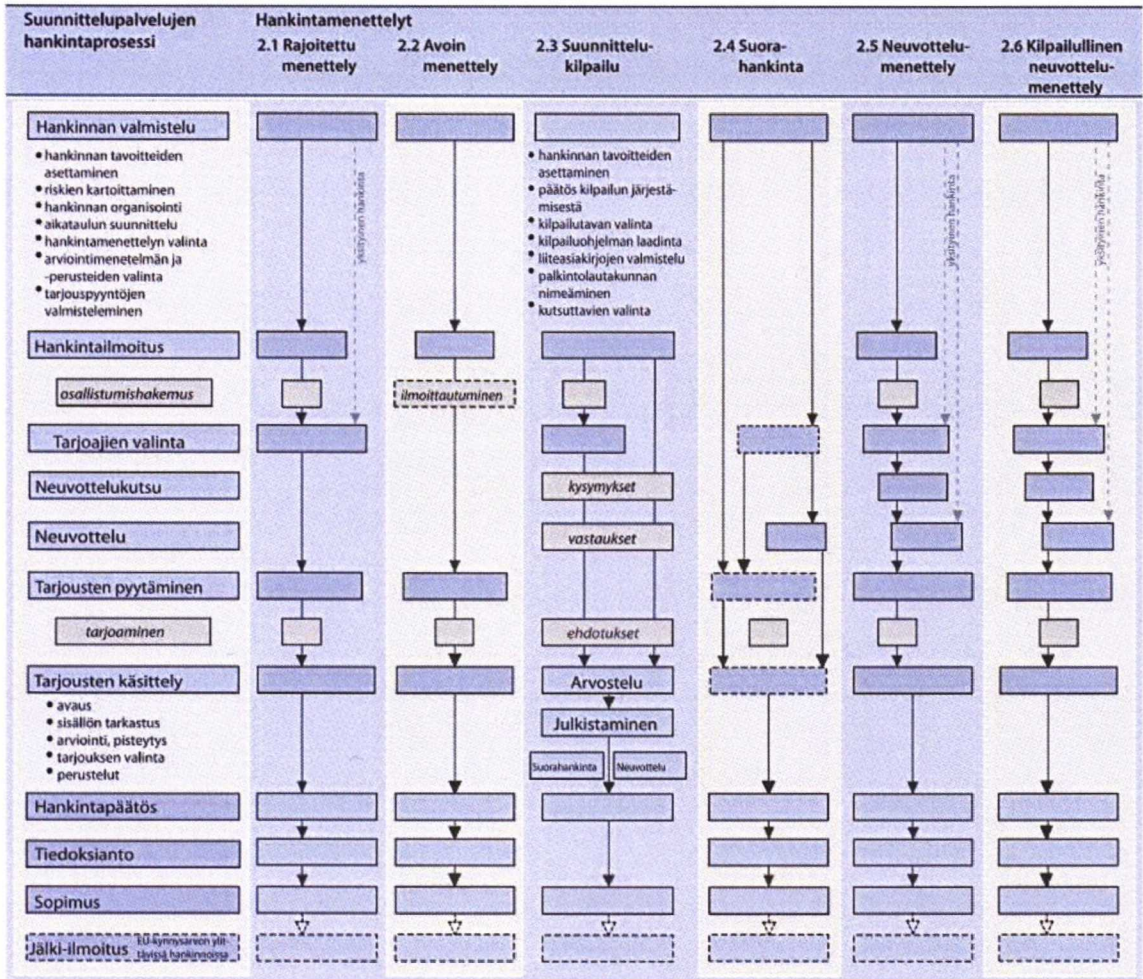
### 3.4 Hankintaprosessin pääpiirteet

Suunnittelupalveluiden hankintaprosessissa voidaan tunnistaa tietyt keskeiset vaiheet hankinnan sisällöstä ja hankintamenettelystä riippumatta. Nämä vaiheet ovat esitettyinä kuvassa 3.4. Hankintaprosessi alkaa valmisteluvaiheella, jossa määritetään hankinnan tavoitteet, kartoitetaan riskit, suunnitellaan hankinta-aikataulu, valitaan hankinta- ja arviointimenettely ja valmistellaan tarjouspyyntö. (Rakennustieto 2010) Tällä hetkellä ja lähitulevaisuudessa myös tietomallintamisesta päättäminen ja mallinnustavoitteiden määrittäminen on tarpeen tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

---

<sup>15</sup> Suomessa käytetään termiä *kumppanuusmalli*.

<sup>16</sup> Suomessa käytetään termiä *työyhteenliittymä*.



Kuva 3.4 Suunnittelupalveluiden yleispiirteiset hankintaprosessikaaviot eri hankintamenettelyissä. (Rakennustieto 2010, 1)

Lisäksi ennen tarjouspyynnön laatimista hankintayksikön tulee varmistaa riittävä osaaminen ja organisoida mahdollinen hankintayhteistyö. Osana riskien kartoitusta hankintayksikön tulee myös luoda riittävän syvälinen katsaus markkinoilta löytyviin ratkaisuihin ja arvioitava, kuinka hyvin ne soveltuvat olemassa olevaan tarpeeseen. Hankintayksikön on syytä harkita tarkkaan aloittaako se kilpailutusprosessin yksin, yhteistyössä muiden organisaatioiden kanssa vai hyödyntääkö se valmiiksi kilpailutettuja puitesopimuksia. (Iloranta 2008, 412–419) Ennen hankintailmoituksen tekemistä myös vuoropuhelu toimittajien ja muiden eri tahojen kanssa on täysin sallittua.

Ensimmäinen hankintalain vaatima toimenpide on hankintailmoituksen tekeminen, jossa ilmoitetaan hankintalajia, hankintaviranomaisia, hankinnan kohdetta, soveltuvuuden vähimmäisvaatimuksia, muita osallistumisehtoja ja hankintamenettelyä koskevat tiedot sekä hankinnan hallinnolliset, täydentävät ja muutoksenhakua koskevat tiedot. (Rakennustieto 2010, 4) Tietomallintamisen edellyttäminen ja tarjoajan mallinnusreferenssien vaatiminen jo hankintailmoitusvaiheessa karsivat pois ne tarjoajat, jotka eivät pysty



tuottamaan mallipohjaista suunnittelua. Toisin sanoen mallintamisen edellyttäminen hankintailmoituksessa pakottaa tarjoajat mallintamaan, mikäli he haluavat olla mukana markkinoilla. Osittain tämän vuoksi tilaajien on todettu olevan avainasemassa otettaessa mallipohjaisia toimitapoja käyttöön.

Hankintaprosessin seuraavassa vaiheessa valitaan tarjoajat, jotka ovat jättäneet osallistumishakemuksen, täyttävät hankintailmoituksessa ilmoitetut soveltuvuuden vähimmäisvaikutukset ja vastaavat parhaiten muita valintaperusteita. Avoimessa hankintamenettelyssä ja suorahankinnassa tarjoajien valintavaihetta ei kuitenkaan ole. Avoimessa menettelyssä valitaan suoraan tarjoajat, joille lähetetään tarjouspyyntö ja joiden tarjous otetaan mukaan vertailuun. Suorahankintaa käytettäessä hankinta voidaan puolestaan tehdä suoraan jo kilpailutettuun puitesopimukseen perustuen.

Neuvottelumenettelyitä ja suunnittelukilpailua lukuun ottamatta ehdokkailta pyydetään seuraavassa vaiheessa tarjoukset, jotka velvoittavat tarjoajaa suunnittelutyön tekemiseen. Käytettäessä neuvottelumenettelyä ehdokkaille lähetetään vielä neuvottelukutsu ja käydään neuvottelut ennen tarjousten pyytämistä. Tarjouspyynnön valmistelu, laatiminen ja arviointiperusteiden luominen kuuluvat keskeisesti sekä hankintaprosessiin että tähän diplomityöhön. Näitä asioita tietomallipohjaisen sillansuunnittelun hankinnan kannalta käsitellään tarkemmin kappaleessa 4.

Suunnittelijan valinnan perusteleminen ja hankintapäätös on tärkeä osa hankintaprosessia, ja se on tehtävä vain ja ainoastaan ennalta ilmoitettuja valintaperusteita käyttäen. Päätös on annettava tiedoksi kirjallisesti kaikille niille, joita asia koskee. Perusteluista tulee selvitä, miten ratkaisuun on päädytty ja miten tarjouksille on annettu pisteitä. Tämä kannattaa tehdä huolella, sillä usein tarjoajat lukevat valintaperusteiden kuvaamisen jopa tarkemmin kuin tarjouspyynnön, ja saattavat esittää tilaajalle valintaperusteluista lisäkysymyksiä. Hyvä kauppatala antaa kiitosta myös niille tarjoajille, jotka eivät tulleet valituksi tarjouskilpailussa. (Iloranta 2008)

Suunnittelun hankintamenettelyt jaetaan tyypillisesti kilpailuun perustuviin menettelyihin ja valintaan ilman kilpailua. Kuvassa 3.4 on esitetty RT-ohjekortin 13-10994 ja lain mukaiset Suomessa käytetyt valintamenettelyt. Mallipohjaisuuden luomien uusien toimintatapojen myötä myös hankintayksiköiden kannattaa suhtautua avoimesti uusiin hankintatapoihin niissä hankinnoissa, joissa käyttö on mahdollista. Toisaalta myös suunnittelijoilta vaaditaan täten entistä enemmän valmiuksia ja joustavuutta vastata poikkeuksellisiin vaatimuksiin ja hankintamenetelmiin. (Kankainen & Junnonen 2001, 34; Iloranta 2008, 413)

Hankinnan ammattilaiset painottavat julkisen hankintaprosessin avoimuutta, läpinäkyvyyttä ja lainsäädännön kirjaimellista noudattamista, mistä johtuen julkista hankintaprosessia pidetään ostajan kannalta työläämpänä kuin yksityistä hankintaprosessia. Tarjouspyynnön laatiminen edellyttää siten tyypillisesti lukuisia liitetiedostoja, ja hankinnassa unohtuu usein varsinainen hankinnan päätarkoitus eli oikean suunnittelijan löytäminen ja valinta. Tilaajan tulisikin arvioida tarjouspyynnön ehdottomia vaatimuksia ja tarjousliitteiden tarkoituksenmukaisuutta hyvin tarkasti, koska sellaiset tiedot jotka vaaditaan ainoastaan varmuuden vuoksi tai aikaisempien tarjousten perusteella ovat aina kyseenalaisia. (Iloranta 2008, 416)

Mallintamisen kannalta tilaajan tulisikin aina selvittää itselleen ennen kaikkea, miksi ja mitä se tietomallintamisella haluaa saada aikaan, sillä mahdollisuuksia on lukuisia ja mallien tarkkuustaso vaihtelee. Mallintaminen ja sen vaatiminen tarjouspyynnössä ilman selvää tavoitetta ei palvele ketään, mutta parhaimmillaan sillä saavutetaan kiistattomia hyötyjä ja suoria säästöjä perinteiseen toimintatapaan verrattuna.

### 3.5 Hankintamenettelyt ja niiden käyttö

Käytettävän hankintamenettelyn valinta riippuu erityisesti hankinnan kohteesta, markkinatilanteesta, aikataulusta, hankinnan arvosta ja riskin hinnoittelusta. Hankintamenettelyä valittaessa tilaajayksikön on aina arvioitava myös oman organisaation osaaminen, sillä mikäli osaamista ei löydy, sitä on hankittava organisaation ulkopuolelta tai hyödynnettävä toimittajien osaamista. Esimerkiksi mallipohjaisten siltasuunnitelmien tarkastaminen on palvelu, jonka tilaajat ovat ulkoistaneet mallintamisen alkuvaiheessa.

Suorahankinta soveltuu yksinkertaisuutensa vuoksi hyvin pieniin tai kiireellisiin töihin, sillä siinä tilaaja hankkii suunnittelupalvelun yhdeltä toimittajalta tarjouksen tai aikaisemman sopimuksen perusteella. Suorahankinnan käyttöä rajoittaa kuitenkin hankintalaki, jonka mukaan suorahankinta on sallittu kynnysarvon ylittävissä hankinnoissa vain erityisin perustein, ja sen käyttö tulee perustella kirjallisesti. Suorahankintaa on mahdollista käyttää aina kynnysarvon alittavissa hankinnoissa, jo kilpailutetuissa vuosi- tai puitesopimuksissa tai suunnittelukilpailun jälkeen. (Tauriainen 2007, 14–19) Mallintamisen yhteisten tavoitteiden kannalta on hyvä asia, että suorahankinta antaa myös mahdollisuuden vuoropuhelulle ennen hankintapäätöstä kuvan 3.4 mukaisesti.

Neuvottelumenettely antaa tilaajalle mahdollisuuden varmistaa tärkeiden tavoitteiden esilletuomisen ja huomioimisen tarjouksissa yhdessä tarjoajien kanssa. Samalla tilaajan on myös mahdollista käyttää tarjoajien tietotaitoa laajasti hyväksi täsmennettäessä hankekuvauksen sisältöä. Neuvottelujen aikana tehdään yleensä ennakkotarjouksia ja -



vastatarjouksia, joissa ilmoitettuja tietoja täsmennetään ja täydennetään suhteessa tehtävään. On kuitenkin syytä muistaa, että hankintayksikön on aina kohdeltava toimittajia mahdollisimman tasapuolisesti ja oikeudenmukaisesti, eikä se saa paljastaa neuvotteluissa ehdotettuja ratkaisuja toisille tarjoajille ilman lupaa. (Iloranta 2008, 412–419)

Vaikka neuvottelumenettelyn käyttö julkisen sektorin suunnittelupalvelun hankinnoissa on lain vuoksi usein mahdotonta tai vaikeaa, on sen käyttöä pyritty joissain tapauksissa helpottamaan. Menettelyä voidaan esimerkiksi käyttää tutkimus- ja kehityshankkeissa ja kaikissa kokonaishinnaltaan alle 50 000 euron hankinnoissa. Menetelmän raskauden vuoksi sitä suositetaan harvemmin pienemmissä hankkeissa. (Tauriainen 2007, 16) Neuvottelumenettelyllä on saatu hyviä kokemuksia kehitettäessä mallipohjaisen sillansuunnittelun hankintaa.

Kilpailullinen neuvottelumenettely on julkisen sektorin hankintamenettely, jota käytetään usein silloin, kun hankintayksikkö ei pysty määrittelemään etukäteen hankinnan oikeudellisia, rahoituksellisia tai teknisiä yksityiskohtia. Menettely muistuttaa monella tapaa allianssimallin perustamisvaihetta ja soveltuu vain suuriin ja monimutkaisiin hankkeisiin, joissa esimerkiksi parhaan rahoituskeinon tai riskinjakomallin valintaa ei ole tarkoituksenmukaista tehdä ennakolta. Hankintayksikkö valitsee tavallisen neuvottelumenettelyn tapaan soveltuvimmat tarjoajat asetettujen kriteerien perusteella. Tämän jälkeen ehdokkaiden kanssa aloitetaan neuvottelut, joiden tarkoituksena on määritellä hankinnan toteuttamista koskeva yksi tai useampi ratkaisuehdotus. Neuvotteluja jatketaan, kunnes hankintayksikkö pystyy tekemään päätöksen ratkaisumallista ja sen myötä tarjouspyynnön kaikille tässä vaiheessa mukana oleville yrityksille. (Tauriainen 2007, 16) Tietomallintamisesta saatavat edut eri vaihtoehtojen vertailemisessa ja visualisoinnissa nousevat merkittävään rooliin kilpailullisessa neuvottelumenettelyssä, koska esimerkiksi yhteistyötä ja vuorovaikutteisuutta voidaan tällä tavoin parantaa.

Julkisen sektorin yleisimmin käytetty hankintamenettely on rajoitettu menettely, joka soveltuu käytettäväksi useimmissa suunnittelupalveluiden selkeissä ja tavanomaisissa hankintatilanteissa. Tilaaajan kannalta on hyvä asia, että esikarsinta rajoittaa saapuvat tarjoukset haluttuun lukumäärään, mahdollistaa hankinnan tavoitteiden kannalta vain sopivien ehdokkaiden kilpailuttamisen ja vähentää hankalaa arviointityötä sekä hankalan tarjouksen tekemisen työtä. On kuitenkin hyvä muistaa, että suhdanteesta riippuen tarjouksia ei välttämättä kuitenkaan saada niin monelta siltakonsultilta kuin haluttaisiin.

Rajoitetussa menettelyssä edetään vaiheittain siten, että tilaaja karsii tehtävään parhaiten soveltuvat yritykset hankintailmoituksen arviointikriteerien perusteella esimerkiksi viiteen. Tämän jälkeen valituille tarjoajille lähetetään tarjouspyyntö, jossa täsmennetään

suunnittelutehtävä, tarjouksen sisältö ja tarjouksen valintaperuste sekä arviointikriteerit tärkeysjärjestyksessä. Menettely antaa tilaajalle myös hyvän mahdollisuuden toteuttaa omaa hankintastrategiaansa. (Tauriainen 2007, 14–15)

Suunnittelukilpailua on käytetty Suomessa merkittävimpien ja vaativimpien yksittäisten siltojen hankintamenetelmänä, jonka periaatteena on löytää tilaajan tarpeet mahdollisimman hyvin täyttävä ratkaisu hankkeeseen liittyvän päätöksenteon ja hankkeen jatko-suunnittelun pohjaksi. Suomessa siltojen suunnittelukilpailujen järjestämistä ohjaa hankintalaki, johon perustuen RIL on julkaissut teoksen kilpailusäännöt rakennusinsinöörिताitokilpailuun (RIL 2000), jota vakiintuneen käytännön mukaan sovelletaan Suomessa. Kyseistä teosta ollaan työn kirjoitushetkellä uudistamassa, ja se ilmestyy todennäköisesti vuoden 2012 aikana.

Suunnittelukilpailun järjestäjä ja RIL nimeävät palkintolautakunnan, joka hyväksyy kilpailuohjelman, vastaa kilpailukysymyksiin, arvostelee ehdotukset, laatii arvostelupöytäkirjan ja päättää kilpailun tuloksista. Menetelmän käyttö antaa tilaajalle mahdollisuuden tutkia esimerkiksi esteettisten, teknisten ja taloudellisten tavoitteiden toteutumista useissa erilaisissa ratkaisuvaihtoehdoissa. Tietomallintamisen on todettu palvelevan erinomaisesti tulevaisuuden sillansuunnittelukilpailuja, joissa eri ehdotuksia voidaan helposti ja vaivatta vertailla sekä yhdistellä keskenään. (Tauriainen 2007, 17–18)

### 3.6 Yhteistyö ja kumppanuus

Edellä on käsitelty kilpailuttamisen ominaispiirteitä tyypillisissä infrahankkeissa, mikä on keskeinen osa hankintojen johtamista pyrittäessä hankintojen kustannustehokkuuteen. Kirjallisuudessa ja pilottikohteista saaduissa tuloksissa on korostettu kuitenkin laajasti myös yhteistyön merkitystä koko alan tuottavuutta ja mallintamisen käyttöönottoa edistävänä tekijänä. Julkisissa hankkeissa yhteistyön ja kumppanuuden käyttömahdollisuudet ovat hankintalainsäädännön myötä rajallisia, mutta silti hyödynnettävissä. Tasapainoisessa hankinnassa on kyse kilpailuttamisen ja yhteistyön vahvuuksien yhdistämisestä. (Yliherva 2006; Iloranta 2008, 126–133)

Helpoimmillaan yhteistyö on vuoropuhelua toimittajien kanssa ennen hankintaprosessin käynnistämistä eli ennen hankintailmoituksen julkaisemista. Vuoropuhelun on kuitenkin oltava tasapuolista ja ketään syrjimätöntä, ja hankintailmoituksen jälkeen sitä tulee käydä avoimesti. Tilaajan on mahdollista kartoittaa jo pienehköllä vuoropuhelulla toimittajaehdokkaita, ratkaisuja ja markkinatilannetta ennalta, sillä sen sisältöä ei ole hankintalaissa mitenkään määritelty. Hankintaprosessin aikana tarjouspyynnön lisämateriaalina toimitetaan tarjoajille tyypillisesti tilaajalle esitetyt lisäkysymykset vastauksineen, jotka



palvelevat tasapuolisesti kaikki osapuolia. Ainoastaan neuvottelumenettelyt mahdollistavat avoimen keskustelun tilaajan ja valittujen tarjoajien välillä hankintaprosessin aikana. (Yliherva & Merikallio 2012)

Yhteistyön edut pohjautuvat kahteen yksinkertaiseen havaintoon. Ensiksi samaan tavoitteeseen pyrkivä hyvin toimiva työryhmä on yksilöä tehokkaampi useimmissa tehtävissä ja tilanteissa. Toiseksi syvässä kanssakäymisessä keskenään olevat osapuolet ratkaisevat konfliktinsa mahdollisimman hyvin molempia tyydyttävällä tavalla. Toisin sanoen yhteistyön avulla tilaaja voi hyödyntää palveluntoimittajan erikoisosaamista ja kykyjä sekä kehittää omaa hankintaprosessia. (Iloranta 2008, 126–133)

Kumppanuus on pisimmälle kehittynyt yhteistyön muoto, jonka Yliherva (2006, 29) määrittelee seuraavasti: *Kumppanuus on kahden välinen suhde, jonka tarkoituksena on osapuolten välisten tietojen, osaamisten, luovuuden, näkemyksien ja kokemusten sekä muiden resurssien yhdistäminen yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi.*

Myös julkisella puolella voidaan kilpailuttaa kumppanuussopimus, josta saadut kokemukset ovat olleet rohkaisevia. Esimerkiksi valtion omistamalla Destialla on hyviä kokemuksia kilpailutetusta kumppanuustoiminnasta, joka takaa Destialle kevyemmän hankintaprosessin ja toimittajalle helpomman resurssien hallinnan. Kumppanuustoimittajat ovat pystyneet paikkaamaan Destian puuttuvaa osaamista, ja avainhenkilöstön ymmärrys hankinta-asioista on kasvanut. Destia seuraa oman kumppanuussopimuksensa toimivuutta ja kehittymistä ohjausryhmässä, jossa on molempien osapuolten edustus. (Iloranta 2008, 419–426)

Toisaalta myös puitesopimusta voidaan pitää eräänlaisena julkisen puolen kumppanuutena, sillä tällöin hankinnat voidaan tehdä suoraan hankintana ja neuvotella palvelun tuottajan kanssa hankinnan sisällöstä ja tavoitteista. Puitesopimukset ovatkin suunnittelu- ja asiantuntijapalveluissa hyvin käytetty sopimusmuoto, koska sillä on sekä tilaajaa että suunnittelijaa hyödyttäviä näkökulmia. Hyödyt perustuvat samoihin havaintoihin kuin kumppanuussopimuksessakin, mutta puitesopimus on kokonaisuudessaan kevyempi käyttää. Puitesopimuksessa ei esimerkiksi ole tyypillistä, että yhteistyötä seurattaisiin koordinoitusti. Kyse on enemmänkin molempipuolisen ammattitoiminnan tasaisuuden turvaamisesta.

## 4 Mallipohjaisen sillansuunnittelun hankinta

Tässä kappaleessa käsitellään tietomallipohjaisen siltahankkeen vaiheita suunnittelun hankinnan näkökulmasta. Avainkysymyksiä ovat, miten mallipohjainen sillansuunnittelu vaikuttaa koko hankintaprosessiin, ja mitä asioita siltakonsultilta täytyy ja on mahdollista vaatia.

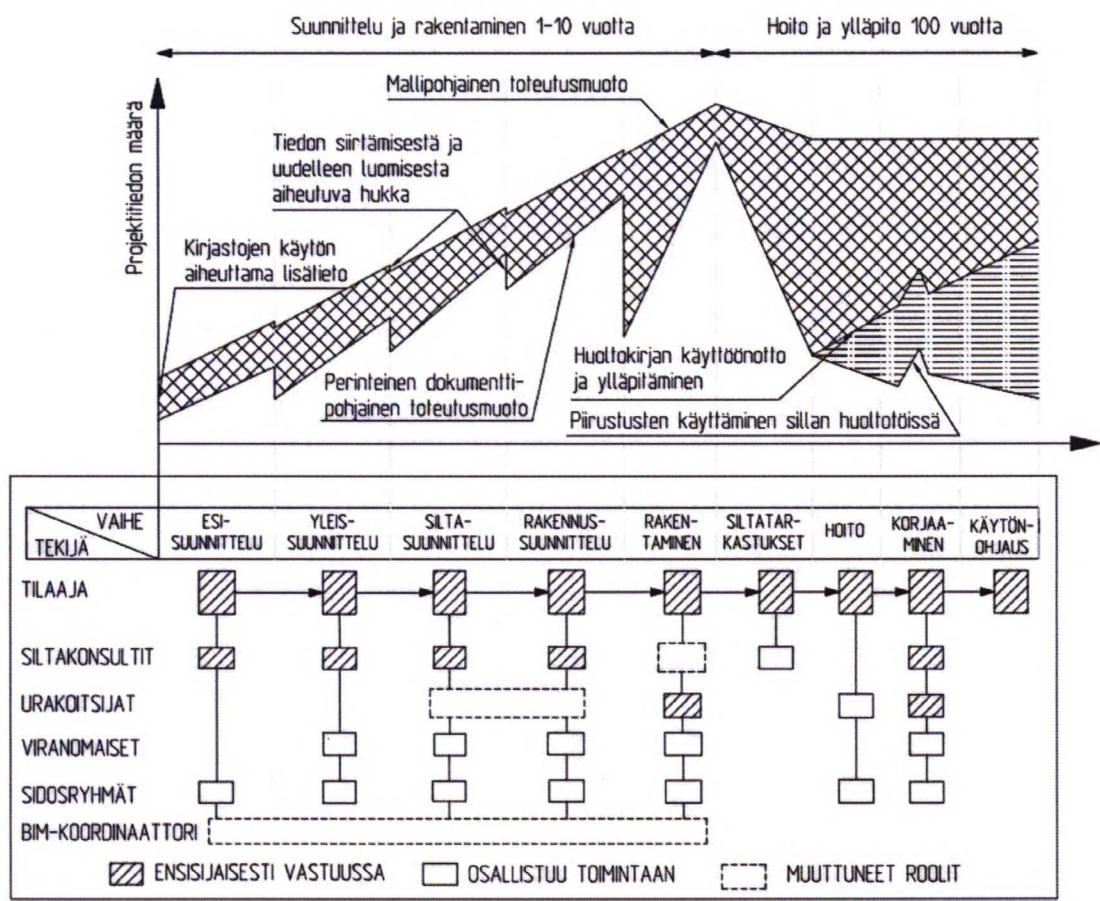
### 4.1 Mallipohjaisuuden tuomat muutokset siltahankkeeseen

Siltojen tilaajat tulevat hyötymään merkittävästi mallipohjaisista prosesseista ja työkaluista omassa hankintatoimessaan. Tietomallit mahdollistavat tilaajan näkökulmasta täysin uusien asioiden huomioonottamisen ja tuo enemmän tietoa saataville jo suunnittelu- vaiheessa. Mallipohjaisuudella saavutettavien hyötyjen lista on pitkä ja kasvaa jatkuvasti, sillä kaikkia hyötykohtia ei ole vielä testattu saati edes havaittu. Toisaalta siltojen tilaajat ja sitä kautta veronmaksajat joutuvat alkuvaiheessa myös maksamaan enemmän sekä suunnitelmien lisääntyneestä tieto- ja työmäärästä että siirtymävaiheessa opetteluun käytetystä ajasta. Suurimpia hyötyjä, joita tilaajat ja omistajat saavuttavat tietomallipohjaisella tiedonhallinnalla on käsitelty lähes jokaisessa tietomallintamista käsittelevässä julkaisussa, ja kaikissa tämän työn teemahaastatteluissa (Eastman et al. 2011; Kenig et al. 2010; Infra FINBIM 2012; Kouvalainen 2008; WSP Group 2011; NBS 2012). Hyödyt on lajiteltu suuntaa antavasti tärkeimpänä pidetystä hyödystä vähiten tärkeimpään. Näitä hyötyjä ovat muun muassa:

- tuottavuuden ja laadun parantuminen
- visualisoinnilla saavutettava parempi kommunikointi
- prosessien nopeutuminen ja parempi hallinta
- tarkempi kustannusarvio aikaisemmassa vaiheessa
- käyttäjien tiedottaminen ja tyytyväisyys sekä infran parempi käytettävyys
- lisä- ja muutostöiden väheneminen
- elinkaaren aikaisten tuottojen kasvu
- tehokkaampi sähköinen kilpailuttaminen
- yhteistyön, verkottumisen ja kumppanuuden lisääntyminen
- käytön aikaiselle johtamiselle parempi tiedonhallinta
- infra-alan vetovoimaisuuden lisääntyminen
- riskienhallinnan parantuminen ja riskien vähentyminen.



Tilaaajat ovat mukana ja vastuussa sillan toteutus- ja ylläpitoprosessin jokaisesta vaiheesta, minkä vuoksi käytettävissä olevan **projektitiedon**<sup>17</sup> määrä on heille ensisijaisen tärkeää. Tilaaajan kannalta on olennaista, että muutos 2D-CAD:stä ja vaihteittaisesta toteutusprosessista mallipohjaiseen rakentamisketjuun parantaa erityisesti projektitiedon hallintaa ja siirtymistä toteutusvaiheiden välillä. Kuvassa 4.1 on esitetty dokumenttipohjaisen ja mallipohjaisen toteutusmuodon ero projektitiedon kannalta, ja sen yhteys käytössä oleviin sillansuunnittelun, rakentamisen, hoidon ja ylläpidon päävaiheisiin. Tiedon siirtämisestä ja uudelleen luomisesta aiheutuva hukka pienenee huomattavasti, ja projektitieto on aikaisemmin saatavilla sekä jaettavissa muille osapuolille tehokkaammin.



Kuva 4.1 Siltojen toteutus- ja ylläpitoprosessin yhteys projektitiedon määrään (Muokattu lähteistä RIL 2002, 6; Eastman et al. 2011, 153)

Selvästi suurin menetys rakennusprosessin aikaisessa projektitiedon määrässä on haastattelujen perusteella rakennussuunnittelun ja rakentamisen rajapinnassa. Jo suunnittelua hankittaessa on siis erittäin tärkeä ymmärtää, mihin ja miten urakoitsija tulee tuotemallia käyttämään rakentamisen aikana. Suurin ero projektitiedon määrässä syntyy kuitenkin vasta sillan elinkaaren aikana, mikäli toteuma- ja ylläpitomallit pidetään ajantasaisi-

<sup>17</sup> Tietokonesovelluksilla tulkittava tieto rakennushankkeesta ja sen tuloksista infrarakenteissa.

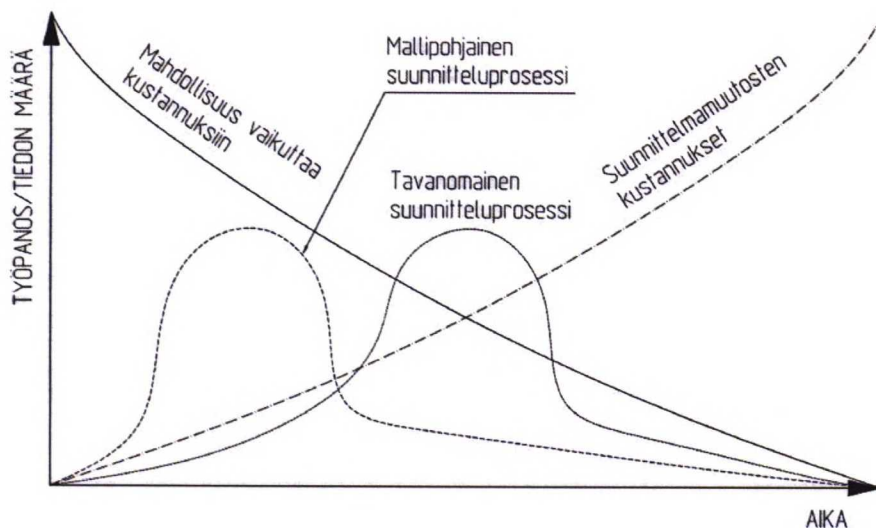
na. Tätä eroa havainnollistaa kuvassa 4.1 rasteroitu alue, jonka voidaan todeta kasvavan sillan rakentamisen jälkeen. Dokumenttipohjaisen huoltokirjan käyttöönotto ja ylläpitäminen voi pienentää tätä eroa, muttei kuitenkaan päästä samalle tasolle kuin mallipohjainen huoltokirja. (Eastman et al. 2011, 151–192)

Haastattelujen perusteella mallinnus saa myös aikaan muutoksia osapuolten perinteisissä rooleissa siltojen toteutus- ja ylläpitoprosessissa. Kuvassa 4.1 on esitetty yhtenäisillä suorakulmioilla rakennusprosessin eri osapuolten perinteiset tehtävät ja ensisijaiset vastuut. Samassa kuvassa on esitetty katkoviivalla, että suunnittelijat tulevat olemaan enemmän läsnä myös rakentamisen aikana, kun taas urakoitsijat tulevat osallistumaan toteutusprosessiin jo suunnitteluvaiheessa. Tämä on havaittu sekä kokonaishintaisessa urakkamuodossa että yhteistoimintamalleissa, joissa osapuolten limittyneet roolit vielä korostuvat. Mallipohjaisuus synnyttää lisäksi täysin uusia rooleja, esimerkiksi tietomallikoordinaattorin ja mallintarkastuskonsultin, jotka voivat synnyttää alalle joko uusia yrityksiä tai laajentaa nykyisten toimijoiden kenttää entisestään. Tilaajan näkökulmasta tämä tarkoittaa monessa tapauksessa toimintojen ulkoistamista ja oman työmäärän pienenemistä.

Kuvassa 4.1 on huomattavaa myös, että mallipohjaisessa rakennusprosessissa on enemmän projektitietoa jo hankkeen alkuvaiheessa. Tämä on mallipohjaisten kirjastojen käytön ansiota, mikä johtaa myös entistä standardinomaisempaan rakennusprosessiin. Esimerkiksi 5D-silta2-projektissa kehitettyjen Teklan custom components -objektien hyödyntäminen heti hankkeen alusta alkaen vähentää työmäärää ja yhtenäistää sillan tietomalleja. Niin ikään suunnittelijoilla ja mallintajilla on omia kirjastojaan muun muassa ohjelmistojen makrojen, erilaisten asetusten, referenssiobjektien, symbolien ja raporttien luomiseksi. Yritysten mallintamisella saama kilpailuetu perustuukin pitkälti omien kirjastojen käyttöön, joita ei jaeta mallien mukana eteenpäin.

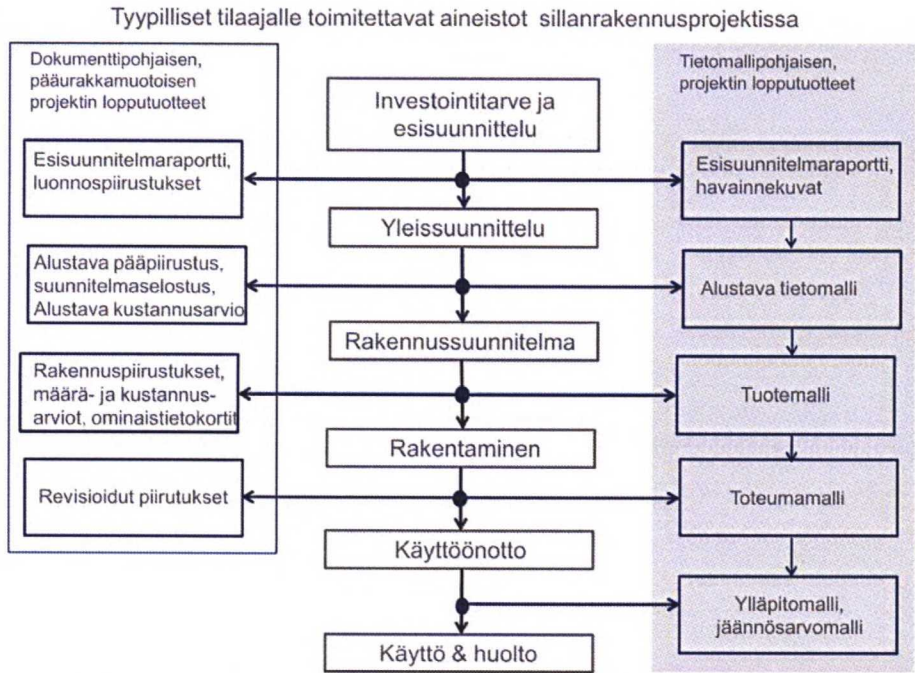
Kuva 4.2 korostaa sitä, miten suunnittelutyön ja projektitiedon määrän aikaistuminen mallipohjaisessa suunnittelussa korreloi suunnitelmamuutosten aiheuttamiin kustannuksiin. Kuvasta havaitaan, että mitä aikaisemmin tietoa on saatavilla, sitä halvempaa on tehdä suunnitelmien muutoksia ja sitä on helpompaa vaikuttaa suunnitelmaratkaisuihin. Samalla päätösten tekeminen ja vaihtoehtojen vertaileminen helpottuu, riskien hallinta paranee sekä tarkemman kustannusarvion tekeminen aikaisemmin mahdollistuu. Toisin sanoen varmuus ja objektiivisuus päätösten tekemisessä kasvavat. (Eastman et al. 2011, 197–198; Laitinen 1998, 62)





**Kuva 4.2 Suunnitelmien muutosten kustannukset tavanomaisessa ja mallipohjaisessa suunnittelu- prosessissa. (Muokattu lähteistä Eastman et al. 2011, 197–198; Laitinen 1998, 62 )**

Mallipohjaisuus muuttaa sillansuunnittelussa erityisesti työkaluja ja toimintatapoja ja sitä myötä tilaajalle toimitettavaa lopputuotetta. Kuvassa 4.3 on esitetty tyypilliset sopimuksissa määritellyt tilaajalle toimitettavat ja arkistoitavat aineistot sekä dokumentti- että mallipohjaisissa hankkeissa. Samalla tilaajien ja koko alan tulee muokata sopimuk- sia ja terminologiaa toimitettavien lopputuotteiden osalta, mikäli he haluavat kaiken mahdollisen hyödyn irti tietomallien käytöstä. BIM-Handbook tunnistaa kolme tarjo- ajalle asetettavaa vähimmäisvaatimusta ja tarjouspyynnön aihealuetta, joita voidaan muokata: (Eastman et al. 2011, 180–185).



**Kuva 4.3. Tyypilliset sopimuksissa määritetyt tilaajalle toimitettavat aineistot dokumentti- ja mal- lipohjaisessa siltahankkeessa. (muokattu lähteestä Eastman et al. 2011, 183)**

### 1. Tuotemallin sisältämän tiedon laajuus ja tarkkuus

Liikennevirasto ja edellä käsitellyt tutkimushankkeet ovat tehneet kehitystyötä siltojen tuotemallien tietosisällön määrittelemiseksi, mistä merkittävämpänä osoituksena on Siltojen tietomalliohje. Siltojen tietomalliohjeessa esitetty hankekohtainen mallinnustarkkuus eri suunnitteluvaiheissa<sup>18</sup> onkin tärkeä dokumentti osana suunnittelun hankinta-asiakirjoja. Tavoitteellinen tilanne on, että dokumentin avulla mallin tarkkuus voidaan määritellä suunnitelmavaiheittain kuhunkin hankkeeseen sopivaksi. Dokumentin päivittyö 5D-silta3-projektissa on tämän työn kirjoitushetkellä käynnissä, ja tähän on otettu kantaa myös luvussa 2.1.3. (Eastman et al. 2011, 181; Liikennevirasto 2011b)

### 2. Mallin käyttötarkoitukset

Mallin käyttötarkoituksille voidaan niin ikään asettaa jo tarjouspyynnössä vaatimuksia, joihin tarjoajien tulee pystyä vastaamaan. Siltakonsulteilta voidaan vaatia esimerkiksi ajantasaisen suunnittelutilanneraportin käyttämistä, suunnitelmaa mallin käyttämisestä projektin koordinoinnissa, reaaliaikaisen kustannusarvion ylläpitämistä ja mallin hyödyntämistä yleisötilaisuuksissa sekä informaation jakamista yleisölle. Vaikka kaikki nämä palvelut voidaan jollain tasolla tuottaa myös PDF-tulosteiden ja diaesityksien avulla, on todennäköistä että tietomallinnusta käyttävät suunnittelutiimit ovat huomattavasti kilpailukykyisempiä kuin perinteisessä 2D-suunnittelussa pysyttelevät tiimit. Tuotemallia ja ajantasaista malliselostusta voidaan pitää yhteisellä serverillä, jonne kaikilla suunnittelijoilla, tilaajalla sekä sidosryhmillä on pääsy. Lisäksi malleja voidaan pitää avoimesti internetissä yleisön ja asukkaiden katseltavissa sekä interaktiivisesti kommentoitavissa, mikä toteuttaa hankintalain henkeä huomattavasti paremmin kuin dokumenttipohjainen tiedonjakaminen. (Eastman et al. 2012, 181) On olennaista huomata, että mallin käyttötarkoituksia on jatkossa tärkeää miettiä myös urakoitsijalle annettavan tiedon sekä elinkaarimallin tietosisällön perusteella.

### 3. Mallin tietosisältökartta

Mitä suurempi tuotemalli on, sitä enemmän objekteja se sisältää, ja sitä tärkeämpää on muodostaa hierarkiatasot tuotemallin sisältämälle tiedolle. Tieto on tällöin huomattavasti helpommin hallittavissa ja mallista voidaan poimia tietoa vain halutusta osasta. Objekteja ja niiden sisältämää tietoa voidaan luokitella eri perustein muun muassa valuyksikön, kokoonpanojen, rakenteen toiminnan, rakennuslohkojen tai Teklassa eri phaseihin perustuen, joita on käytetty siltojen tuotemalleissa erottelemaan eri sillan osat toisistaan. (Eastman et al. 2011) Suomessa yleisin tapa hallita mallin tietosisältökarttaa silta- ja taitorakenteiden tuotemalleissa on Teklan tarjoama Model Organizer - työkalu, josta

---

<sup>18</sup> Esitetty liitteessä C.



erityisesti rakennuttajilla ja urakoitsijoilla on hyviä kokemuksia. Tietosisältökarttojen tehokkaalle ja yhdenmukaiselle käytölle on suuri edistysaskel, että vuoden 2012 lopulla on tarkoitus sopia rakenneosien yhtenäinen numerointikäytäntö, joka Siltojen tietomalliohjeesta vielä toistaiseksi puuttuu.

Mallin tietosisältökartan voi yleisellä tasolla samaistaa myös tietokanta-ajatteluun, jossa korostuu erityisesti tiedon luokittelun tärkeys. Tuotemalli perustuu pohjimmiltaan aina tietokantaan, joka rakentuu joukosta entiteettejä, joiden välillä on relaatioita ja kullakin omat spesifiset ominaisuudet. Nämä esitetään jonkin kuvauskielen, kuten esimerkiksi XML- tai IFC-kuvauskielen, tai tekniikan avulla, jolloin kaikki tieto on tietokoneen tulkittavissa. (Joshi 2011) Näin ollen tietokanta eli sillan tuotemalli saadaan jäsenneiltyä standardinomaiseen muotoon.

## 4.2 Mallipohjaisen tarjouspyynnön sisältö

Tarjouspyynnön sisältö voidaan jakaa karkeasti teknisiin ja kaupallisiin asiakirjoihin. Näistä tekniset asiakirjat, eli laatuvaatimukset ja muut toteuttamiseen liittyvät asiakirjat, ovat niitä, joihin mallipohjaisuus tulee merkittävästi vaikuttamaan. Pohjoismaissa pilotoitavissa infrahankkeissa ja talonrakennuksen kohteissa tuotemallin laatiminen on vastannut jo itsessään suurta osaa – ellei jopa kaikkia – hankkeelle asetetuista teknisistä vaatimuksista. Suuri hyöty on, että samalla tietokoneiden suorittama automaattinen asiakirjojen tarkastaminen mahdollistuu ja inhimillisten virheiden määrää on mahdollista vähentää merkittävästi. Loput dokumentit ovat kaupallisia asiakirjoja, jotka tulevat jatkossakin olemaan ihmisten kirjoittamia, ja ihmisten tulkitsemia. (Yliherva & Merikallio 2012)

Kaupallisten asiakirjojen vähimmäissisältö tarjouspyynnöissä, jonka julkinen hankintayksikkö voi lähettää, on kerrottu RT ohjekortissa 13-10994 ja hankintalaissa:

- hankinnan kohteen määrittely ja sitä koskevat vaatimukset
- viittaus hankintailmoitukseen
- määräaika tarjousten tekemiselle
- tarjousten jättämisoikeus
- tarjouksen valintaperuste ja kokonaistaloudellisen edullisuuden tapauksessa vertailuperusteet suhteellisine painoarvoineen (EU-kynnysarvon ylittävät hankinnat) tai vähintään vertailuperusteitten tärkeysjärjestys (EU-kynnysarvon alittavat hankinnat)
- tarjouksen voimassaoloaika.

Muina tarjouksen tekemiseen vaikuttavina tietoina tulee antaa solmittavan sopimuksen ehdot:

- vaatimus sähköpostiosoitteen antamisesta hankintaa koskevien päätösten tiedoksi antamista ja muuta yhteydenpitoa varten
- yksilöity tarjouksen jättöaika ja -tapa, kuten esimerkiksi sähköposti, faksi tai kirjattu kirje. (Finlex 2007, § 41; Rakennustieto 2010, 5)

Oleellisin osio tarjouspyynnössä on suunnittelutehtävän kuvaaminen niin tarkasti ja yksiselitteisesti, että sen perusteella voidaan saada yhteismitalliset ja keskenään vertailukelpoiset tarjoukset sekä valita paras mahdollinen suunnittelija. Ohjekortissa mainitaan lisäksi tarjouksen valintaperusteen olevan yleensä kokonaistaloudellinen edullisuus, johon kuuluvat sekä tarjouksen sisältämät laadulliset ominaisuudet että tarjoushinta. Vaihtoehtoiseksi valintaperusteeksi esitetään valintaa pelkän hinnan perusteella. (Rakennustieto 2010, 5; Rakennustieto 2008, 2)

Käytännössä sillansuunnittelua hankittaessa tarvitaan aina tarjoukseen liitettäviä asiakirjoja, joissa voidaan kuvata esimerkiksi rakennesuunnittelua tilattaessa hankeohjelma, alustava projektisuunnitelma, suunnitteluohje, sopimusehdot, sopimusluonnos ja tarjousohjeet. Haastattelujen ja talojen rakennesuunnittelun perusteella mallintamisen kannalta oleellisen liite on mallinnussuunnitelma, jossa määritetään hankekohtaiset mallintamisen käytötavat ja vaatimukset, kuvataan tietomallisuunnitteluprosessi, määritetään tiedonsiirron periaatteelliset menettelyt sekä yhteistyömenettelyt. Tämän lisäksi tarjouspyynnössä tulee myös mallinnustarkkuus suunnitelmavaiheittain esimerkiksi rastittamalla Siltojen tietomalliohjeen taulukosta<sup>19</sup> vaadittu tarkkuus. (Rakennustieto 2008, 2; YTV 2012c, 11)

Toisaalta liian yksityiskohtainen tarjouspyyntö lukuisine liitteineen vaatii runsaasti aikaa ja työtä sekä tilaajalta että toimittajalta. Entistä haastavammaksi kilpailuttamisen hallinnan ja tarjouspyyntöjen laatimisen tekee se, että tietomallit tulevat siirtymävaiheessa monimutkaistamaan suunnittelun hankinnan kokonaisuutta. Mitä monimutkaisemmasta hankintakokonaisuudesta on kyse, sitä haastavampaa on tarjouspyyntöjen laadinta ja niiden vertailu.

YTV 2012 mukaan tarjouspyynnössä tulee määritellä vähintään mallien käytön laajuus, eri osapuolille kuuluvat tehtävät ja käytettävät tarkistusmenetelmät kyseisessä projektissa. Sillansuunnittelun tarjouspyyntöihin määriteltäviä tietomallin käyttötarkoituksia, tie-

---

<sup>19</sup> Esitetty liitteessä C.



tomallinnustehtäviä, vastuita ja velvollisuuksia voidaan soveltuvin osin peilata myös YTV 2012 tehtäviin. Näitä voivat olla esimerkiksi:

- havainnollistaminen kohteessa
- lähtötietojen mallintaminen, kuten esimerkiksi olemassa olevat rakenteet, maaperä- ja pohjatiedot, tien geometria siltapaikalla, risteävän tien tai radan suuntaus siltapaikalla
- mallinnuksen sisältövaatimukset ja tarkkuustasot suunnittelualakohtaisesti esimerkiksi viittaamalla Siltojen tietomalliohjeeseen
- tietomallien laadunvarmistusmenetelmät
- kustannustietojen tuottaminen malleista
- työmaa- ja liikennejärjestelyiden kuvaaminen ja suunnittelu
- rakennettavuusanalyysit
- elinkaarilaskelmat (LCC) ja ympäristövaikutusanalyysit (LCA)
- valaistuselästä ja -simuloinnit
- pelastus- ja turvallisuustilanteiden simuloinnit
- huollon ja kunnossapidon toimenpiteiden tarkastelu
- rakentamisen aikaisen tuotannon ohjaus
- tehdastuotannon suunnittelu
- toteutumamallin päivittäminen urakoitsijatiedoilla ja toimituslaajuus
- viranomais- ja säädöstarkastelut.

(YTV 2012a, YTV 2012c)

### 4.3 Suunnitteluttaminen

Suunnittelun vaikutus koko rakennushankkeen onnistumisen kannalta on erittäin suuri, koska suunnitteluratkaisut kustannusvaikutuksineen heijastuvat merkittävästi hankkeen kokonaistalouteen ja suunnittelu itsessään on keskeinen rakennuskohteen laatuun vaikuttava osatekijä. Suunnitteluttamisessa on myös olennaista muistaa, kuka toimii rakennushankkeen suunnitelmien tilaajana. (Kankainen & Junnonen 2001, 33) Siltahankkeille tyypillisessä kokonaishintaisessa urakassa tilaaja on yleensä varsinainen julkinen loppuomistaja eli Liikennevirasto, kunta tai ELY-keskus. ST-hankkeissa ja yhteistoimintamuodoissa tilaaja on puolestaan useimmiten yksityinen urakoitsija tai yhteistyöliittymä, jota hankintalainsäädäntö ei koske. Vaihtoehtoisesti osapuolet voivat käyttää suunnitelmien tilaamiseen tilaajan edustamaa rakennuttajakonsulttia, joka saattaa tulla kyseeseen lähinnä suuremmissa väylä- tai aluerakentamishankkeissa sekä yhteistyömuotoisissa hankkeissa.

Tilaaajan tehtäviin kuuluu suunnittelun edellytyksien ja motivaation luominen sekä suunnittelun ohjaaminen. Tietomallinnus auttaa tilaajaa erityisesti suunnittelun ohjauksessa, sillä mallin visualisointi jo suunnittelun aikaisissa kokouksissa auttaa merkittävästi kommunikoinnissa ja suunnittelutyön etenemisen havainnollistamisessa. Lisäksi suunnittelijan on mahdollista syöttää malliin suunnitteluprosessin valmiusaste ja muutokset eri värien, suodattimien ja kommenttityökalujen avulla. Tilaaajan ja muiden osapuolten on mahdollista synkronoida oma mallinsa yhteiseltä serveriltä, minkä ansiosta suunnittelun etenemistä ja aikataulussa pysymistä on helppo havainnoida. (Eastman et al. 2011, 500–502)

Suunnittelutavoitteet ja -ohjeet ovat suunnittelutyön lähtökohtana. Tavoitteiden avulla tilaaja määrittelee suunnittelun tehtävät joko yksin tai yhdessä suunnittelijan kanssa, kuten esimerkiksi neuvottelumenetelmää käytettäessä. Tehtävät voivat määräytyä myös suunnittelijalla teetetyn esiselvityksen perusteella tai suunnittelijan toimesta tilaaajan antaessa suunnittelutyölle tavoitteet ja rajaukset. (Kankainen & Junnonen 2001, 33) Mallipohjainen tiedonhallinta parantaa erityisesti tilaaajan osallistumismahdollisuuksia suunnitteluun, ja lisää vuorovaikutteisuutta tilaaajan ja suunnittelijan välillä.

Suunnittelun tavoitteena on saavuttaa paras mahdollinen laatu olemassa olevien resursien puitteissa. Laadullisesti hyvä lopputulos on aina edellyttänyt asiantuntevia ja kokeneita suunnittelijoita. Näin tulee olemaan myös tietomallipohjaisissa hankkeissa, mutta lähitulevaisuudessa on lisäksi syytä arvioida suunnittelijan valintaa tietomalliosaamisen perusteella. (Kankainen & Junnonen 2001, 33–34)

#### **4.4 Sillansuunnittelijan valintamenettelyt**

Mallipohjaisen sillansuunnittelun hankkimisessa korostuu hankintayksikön kyky löytää tasapaino yhteistyön ja kilpailuttamisen välillä. Koska siltakonsulteilla on tällä hetkellä paljon tietotaitoa tietomallintamisesta, on tiivis yhteistyö ja vuoropuhelu toimittajan kanssa hyvin perusteltua pyrittäessä parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. Toisaalta aggressiivisen kilpailutusprosessin tuomat edut hankittavien sillansuunnitelmien kustannustehokkuudessa ja toisaalta koko alan toiminnan kehittämisessä ovat tärkeitä näkökohtia, jotka puolustavat vahvaa hinnalla kilpailuttamista myös mallipohjaisissa hankkeissa.

Tilaaajayksikkö voi käyttää suunnittelupalvelun hankintaan laatuun, hintaan tai niiden yhdistelmään perustuvaa arviointi- ja valintamenettelyä. Arvioinnissa on syytä muistaa, että suunnittelupalvelun toteuttamisessa minimivaatimustason täyttävä resurssien käyttö ja palvelun halvin sopimushinta tuottavat vain harvoin suunnitteluratkaisuja, jotka ovat



edullisia koko sillan elinkaaren aikana. Niin ikään mallipohjaisten siltasuunnitelmien tilaamisessa pelkkään hintaan perustuvan arviointi- ja valintamenettelyn ei ole todettu tuottavan parasta mahdollista lopputulosta. (Tauriainen 2007, 20–32)

Tarjouksia vertaillaan tyypillisesti Suomessa painotettujen pisteiden menetelmällä, jossa tarjoukselta edellytettävät ominaisuudet ja niiden tärkeys ilmaistaan painottamalla arviointialueita ja kriteerejä eri painokertoimilla. Painokertoimen suuruus valitaan arviointialueen ja kriteerien tärkeyden perusteella. Vertailtavien tarjousten kokonaispisteet saadaan laskemalla yhteen painokertoimilla kerrotut kokonaispisteet, minkä perusteella valitaan eniten kokonaispisteitä saanut tarjoaja. (Tauriainen 2007)

Yleisimmin käytössä on tarjouksen kokonaistaloudellinen edullisuus eli laatuun ja hintaan perustuva arviointi, jossa laadun ja hinnan painosuhte arvioidaan tehtävän pääsisällön mukaisesti esimerkiksi taulukossa 4.1 esitetyllä tavalla. Painosuhteiden määrittäminen on kuitenkin täysin tilaajan päätettävissä, eikä siihen voi antaa tarkkoja rajoja. Haastatteluiden perusteella mallipohjaisessa suunnittelussa on kuitenkin tarkoituksenmukaista painottaa laatupisteitä enemmän kuin tavanomaisissa rutiinihankkeissa, sillä puhdas hintakilpailu ei motivoi toimittajia kehittämään toimintaansa, eikä johda laadukaimpaan mahdolliseen lopputulokseen. (Tauriainen 2007)

**Taulukko 4.1 Esimerkki suunnittelupalvelun laadun ja hinnan painosuhteista arviointimenettelyssä (Tauriainen 2007, 20)**

Tehtävän pääsisältö	Laatu/hinta -painosuhte
Hankesuunnittelu, -ohjelmointi, selvitykset	85/15...80/20
Luovuutta ja innovatiivisuutta luovat hankkeet	80/20
Selviin tavoitteisiin perustuva luonnossuunnittelu	70/30
Monimutkainen, pulmallinen toteutussuunnittelu	70/30...60/40
Normaali ja yksinkertainen toteutussuunnittelu	60/40...50/50
Toistuva rutiinisuunnittelu	...20/80

Hinnan arvioinnissa ja pisteytyksessä on usein lähtökohtana, että halvin hyväksyttävä tarjoushinta saa suurimmat hintapisteet ja kallein ei saa hintapisteitä lainkaan. Vertailuhintana käytetään yleensä halvinta tarjoushintaa tai tarjoushintojen keskiarvoa siten, että kaikki pistemäärät ovat välillä 0–10. Mikäli valintaperusteena käytetään halvinta hintaa, tarjouksista valitaan suoraan se, joka on kokonaishinnaltaan halvin ja täyttää tarjouspyynnössä esitetyt hankinnan toteuttamiseen ja tarjoajien ominaisuuksiin liittyvät valinnat. (Tauriainen 2007)

Laadun arvioinnissa pisteytetään tarjouksen laatupisteet useimmiten mitta-asteikolla 0–10. Laadullisessa vertailussa käytetään myös minimivaatimusluonteisia, välittömästi poissulkevia kriteerejä, joiden perusteella tarjous hylätään, vaikka muilla kriteereillä

mitattuna tarjous olisi kuinka hyvä tahansa. Laatuominaisuuksiin perustuvan mitta-asteikon muodostaminen etukäteen saattaa olla hyvin hankalaa, ja jokaisen laatukriteerin pisteyttäminen on aikaa vievää ja monimutkaista toimintaa. Periaate on kuitenkin sama kuin hintapisteiden arvioinnissa: paras kriteerin lukuarvo saa suurimman arvosa-  
nan ja väliin jäävät kriteerin lukuarvot suhteutetaan jonkin mallin mukaan mitta-asteikolle – useimmiten lineaarisesti. (Tauriainen 2007)

Taulukossa 4.2 on esitetty esimerkki suunnittelutarjousten laadun ja hinnan pisteytyk-  
sestä, jossa on lihavoituna ne perinteiset laadulliset kriteerit, jotka ovat tämän tutkimuk-  
sen ja haastatteluiden perusteella tärkeitä osioita mallipohjaisessa arviointi- ja valinta-  
menetellyssä – ainakin alkuvaiheessa siirryttäessä tilaamaan mallipohjaista suunnittelua.  
Erityisesti mallipohjaisella projektisuunnitelmalla voidaan saada suurta hajontaa tarjo-  
uksiin, joista on usein helppo havaita osaavin toimittaja. Mallintamisen myötä on testat-  
tu myös uusia potentiaalisia arviointikriteerejä, kuten Jorvaksen ratapihan suunnittelun  
hankinnassa käytetyt lupaukseen perustuvat asiakastytyvyisyys ja virheettömyys sekä  
mallipohjainen työnäyte.

**Taulukko 4.2 Esimerkki arviointikriteereistä mallipohjaisen sillansuunnitelman hankinnassa, jossa on painotettu tietomalliosaamista (muokattu lähteistä Tauriainen 2007, 42; Yliherva 2006, 77).**

Arviointikriteeri	Painoarvo	Tarjous 1		Tarjous 2		Tarjous 3	
	Painotus	Arvosana	Painotetut pisteet	Arvosana	Painotetut pisteet	Arvosana	Painotetut pisteet
<b>1. Yritys</b>							
a) johtaminen							
<b>b) toimintatavat ja menetelmät</b>	<b>20 %</b>	3	0.6	10	2	5	1
c) resurssit							
d) saavutetut tulokset ja asiakaspalaute	10 %	6	0.6	5	0.5	8	0.8
<b>2. Projektin johto</b>							
a) tiedot ja taidot	5 %	10	0.5	5	0.25	7	0.35
b) kokemus ja ammatillinen pätevyys	10 %	9	0.9	5	0.5	8	0.8
d) henkilökohtainen panos							
<b>3. Projektin henkilöstö, tiimi</b>							
a) tiedot ja taidot	10 %	10	1	5	0.5	7	0.7
<b>b) kokemus ja ammatillinen pätevyys</b>	<b>15 %</b>	9	1.35	5	0.75	8	1.2
c) resurssit							
<b>4. Projektisuunnitelma</b>							
<b>a) lähestymistapa</b>	<b>10 %</b>	2	0.2	9	0.9	5	0.5
<b>b) projektisuunnitelma</b>	<b>20 %</b>	3	0.6	10	2	5	1
c) resurssien määrä ja käyttö							
Laatupisteet yhteensä	100 %		5.8		7.4		6.4
Suhteelliset laatupisteet	100 %		7.8		10.0		8.6
Tarjoushinnat, 1000 €			500		600		550
Hintapisteet yhteensä	100 %		10.0		8.3		9.1
Painotetut suhteelliset laatupisteet	80 %		6.2		8.0		6.9
Painotetut suhteelliset hintapisteet	20 %		2.0		1.7		1.8
Kokonaispisteet yhteensä			8.2		9.7		8.7

Perinteisesti tarjoajaa on arvioitu laadullisesti taulukon 4.2 mukaan muun muassa tieto-  
jen, taitojen, kokemuksen, kontaktien, verkostojen, resurssien ja asiakaspalautteen pe-  
rusteella. Projektisuunnitelma sisältää puolestaan tyypillisesti kuvauksen suunnittelun  
johto-organisaatiosta, tilaajan keskeisistä tavoitteista ja ratkaisumahdollisuuksista, työ-  
kuormituksesta henkilöryhmittäin ja suunnittelun ohjauksesta ja valvomisesta. (Tauriai-



nen 2007, 32–33) Tietomallien käyttäminen ja tietomalliosaaminen voidaan liittää osaksi kaikkia laadullisia vaatimuksia tilaajan niin halutessa.

Tarjousten vertailuvaiheessa myös kokonaiskustannuksiin vaikuttavien tekijöiden arvioiminen koko sillan 100 vuoden elinkaaren ajalta on erittäin tärkeää huomioida. Perinteisiä sillan elinkaarikustannuksia ovat olleet sillan hoito ja ylläpito, mutta hiljattain kustannuskäsitettä on laajennettu koskemaan myös sillan käyttäjän ja yhteiskunnan laskennallisia kustannuksia, kuten esimerkiksi liikennehaittoja, liikenneturvallisuusriskejä, siltaestetiikkaa ja ympäristörasituksia. Liikennevirastolla on tavoitteena kehittää elinkaarikysymyksiä käsittelevä suunnitteluohje, jonka on tarkoitus sisältää tarvittavat lähtötiedot uusien siltojen ja peruskorjausten elinkaarikaari-kustannusarvioiden tekemiseksi. (Iloranta 2008, 416; Tiehallinto 2009)

On hyvä muistaa, että rajoitettu menettely on perusmenettely, jota hankintalaki edellyttää ensisijaisesti käytettäväksi suunnittelupalveluiden hankinnassa. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää avointa menettelyä, jolloin tarjoajien karsinta suoritetaan tarjousten arvioinnin yhteydessä eikä erillistä karsintavaihetta ole. (Rakennustieto 2010, 3) Koska rajoitetussa menettelyssä suoritetaan vielä ehdokkaiden esikarsinta ennen tarjouspyynnön lähettämistä, nousee tietomallinnuskriteerien ja -osaamisen arvioiminen merkittävään osaan jo karsintavaiheessa. Näin ollen yritysten täytyy osoittaa, että heillä on esimerkiksi tarvittava osaaminen, tekniset resurssit ja toimintatavat mallintamiseen tai he karsiutuvat kilpailusta jo tarjoajien valintavaiheessa.

## 4.5 Suunnittelusopimus mallipohjaisessa siltahankkeessa

Jotta tilaaja ja siltakonsultti pääsevät kirjalliseen suunnittelusopimukseen, tulee suunnittelijan tehdä ensin tarjous, joka vastaa täsmällisesti tarjouspyyntöä. Konsultille tarjouksen tekemistä varten tarvittavat kriittisimmät resurssit ovat aika, raha, oivallus, informaatio ja kommunikaatiotaidot. **Aika** on yleensä eniten tuhlatu resurssi, sillä yleensä tarjousta laaditaan aivan viime hetkeen saakka. **Informaatio** on erittäin tärkeää, sillä tarjouksen on vastattava kirjaimellisesti tilaajan tarjouspyyntöön tai se hylätään pois kilpailusta. **Oivalluksella** tarkoitetaan asiakaslähtöisyyden ja asiakkaan tarpeiden huomioimista, jotka tulevat ilmi tarjouspyyntöasiakirjoista. **Kommunikaatio** on osa oivallusta, sillä oivallus tulee kertoa asiakkaalle useimmiten projektisuunnitelmassa. (Lewis 2009, 90–92) Nämä resurssit on syytä huomioida sekä tilaajan että suunnittelijan kannalta, sillä alkuvaiheessa tietomallinnuksella on vaikutusta kaikkiin näihin seikkoihin sopimuksia solmittaessa.

Sopimuksen sisältö voidaan jäsentää kolmeen osaan siten, että sopimuksen tavoitteet, yhteistyökysymykset ja tekniset asiat muodostavat kaikki oman kokonaisuutensa. Kuten tarjouspyyntöasiakirjoissa, myös suunnittelusopimuksessa tekniset liitteet tulevat muuttumaan eniten mallinnuksen alkuvaiheessa. Yhteistyön toimintaperiaatteet ja siihen liittyvät sopimukset tulevat myös korostumaan mallipohjaisessa sillansuunnittelusopimuksessa. Sovittavia asioita ovat muun muassa sitoutuminen, luottamus, avoimuus, tavoitteiden toteuttaminen yhteistyössä ja sopimuskannusteet. Sopimuksen kohde, tavoitteet ja maksuperusteet eivät sen sijaan merkittävästi muutu mallintamisen myötä, vaikka ne ovat molemmille osapuolille juridiselta kannalta erityisen tärkeä huomioida. (Yliherva & Merikallio 2012; Kankainen & Junnonen 2001, 36)

Lain, yleisten oikeusperiaatteiden ja kauppatapojen nojalla on usein hyvin vaikea ratkaista suunnitteluun liittyviä oikeudellisia kysymyksiä, joten rakennuttajat, tilaajat, urakoitsijat ja suunnittelijat ovat kokeneet välttämättömäksi sopia yhteiset pelisäännöt, joita sopimuksissa noudatetaan. Näistä pelisäännöistä tärkein on konsulttitoiminnan yleiset pelisäännöt, KSE 1995. Huhtikuussa 2012 tuli lausuntokierrokselle sopimusehtojen päivitys KSE 2012, jonka on tarkoitus ottaa huomioon erityisesti immateriaalioikeudet ja aineiston käyttöoikeudet. Tilaajan velvollisuuksiin ja vastuisiin uudistus ei suuremmin vaikuta, vaan se tähtää nimenomaan mallintamisen edistämiseen ilman, että siitä koituisi suunnittelijalle kilpailullista uhkaa. KSE:tä ei kuitenkaan käytetä yhteistoimintamuotoissa hankkeissa, kuten esimerkiksi alliansseissa, vaan niissä käytetään projektikohtaisia sopimusehtoja.

#### 4.6 Urakoinnin huomioonottaminen suunnitteluvaiheessa

Urakoitsijalle eli rakentamisen toteuttajalle on ensiarvoisen tärkeää, että alalle saadaan luotua mallintamisen yhteiset pelisäännöt ja toimintatavat sekä jalkautettua ne omaan käytännön toimintaan. Urakoitsijalle tärkeän määrälaskennan kannalta on olennaista, että kaikki rakenneosat mallinnetaan sovitulla tavalla ja käytetty mallintamistapa dokumentoidaan. Toistaiseksi ongelmia aiheuttaa kuitenkin se, että suunnitteluratkaisut saattavat olla mallinnettu eri tavalla mallin eri osissa. (Karhumäki 2012, 13–14)

Tietomallinnus mahdollistaa älykkäiden tuotantoratkaisujen etsimisen ja vertailemisen jo suunnitteluvaiheessa sekä tehostaa huomattavasti määrälaskentaa, joten tuotantosuunnitelman laadintaan jää enemmän aikaa. Haastatteluiden perusteella osan toteuttamisvaihtoehtojen arvioinnista voi siirtää myös suunnittelijalle, ja suunnittelutarjousten arvioinnissa voisi käyttää niin sanottua **dualistista** arvostelua. Tämä tarkoittaa, että varsinaisen suunnitteluratkaisun ohella siltakonsultti ottaisi kantaa myös sillan rakentamiseen, huoltoon tai ylläpitoon. Toisin sanoen siltasuunnitelma ei perustu vain tekniseen



suunnittelutyöhön, vaan ratkaisua on peilattu myös eri tuotantovaihtoehtoihin. Toisaalta sillansuunnittelijan liian syväälle tuotannon suunnitteluun meneminen on kannattavaa harkita aina tarkkaan, sillä kaiken muun kuin suunnittelutyön siirtäminen suunnittelijalle vähentää suunnittelijan itse suunnittelulle käytettävissä olevaa aikaa. On todettu myös, että urakoitsija on loppujen lopuksi kaikkein ammattitaitoisin toteutuksen suunnittelija. (Karhumäki 2012, 57)

Tietomallin käytön kannalta työmaalla on olennaista, että mallit on tehty oikein ja tarkastettu sekä visuaalisesti että automaattisesti virheiden varalta. Mallinnettujen rakenteiden tulee olla dimensioiltaan, sijainniltaan ja tunnuksiltaan oikein. Vaikka mallipohjaisuuden on todettu vähentävän suunnitteluvirheitä, sillä ei voida poistaa kaikkia virheitä, eikä välttämättä edes löytää sellaisia virheitä, joita ihmisen tekemässä inhimillisessä tarkastuksessa saatettaisiin huomata. Esimerkiksi muottien mittaustyössä jää kokonaan yksi laadunvarmistustaso välistä, kun paikka- ja geometriatieto siirretään mallista suoraan mittalaitteille. Käytön aikaisten kokemusten kautta mallintamisvarmuus kuitenkin kasvaa. (Karhumäki 2012, 53–54)

Urakoitsijat kokevat, että piirustustuotannon ja mallintamisen siirtäminen työmaan tehtäväksi kasvattaa heidän työmääräänsä. Seurauksena on, että urakoitsija tarvitsee lisää resursseja pelkästään tietomallintamiseen, mikä kasvattaa tarjoushintoja. Toisaalta tällöin piirustukset palvelevat paremmin juuri rakentamisen tarpeita, koska urakoitsija voi esimerkiksi tulostaa mallista juuri haluamansa poikkileikkauksen sen sijaan, että käytössä olisi suunnittelijan piirtämä 2D-poikkileikkaus sillan helpoimmasta kohdasta. Myös suunnittelijoiden huolena on, että suunnittelun työmäärä kasvaa, ja että rakentamisvaihe pitää huomioida tarkemmin jo suunnitteluvaiheessa.

## 4.7 Tietomallinnuksen ja Lean Constructionin synergiahyödyt

Lean Constructionin oppien mukaisesti arvon tuottaminen asiakkaalle maksimoidaan jatkuvan oppimisen keinoin, joka optimoi toteutusmenetelmät ja poistaa hukcatekijät. Vaikka osa Lean Constructionin työkaluista, kuten esimerkiksi Last Planner system™, voidaan ottaa käyttöön vain vähäisellä ohjelmistotuella, on tietomallinnuksella ja Lean Constructionin mukaisella rakentamisfilosofialla suuria synergiahyötyjä. Kuten jo johdannossa todettiin, rakennusprosessissa on suuria hukcatekijöitä liittyen dokumenttipohjaisen tiedon tuottamiseen, hallitsemiseen ja toimittamiseen. Tästä seuraa edelleen, että suunnitelmadokumenttien välillä kasvaa ristiriitojen riski, suuren suunnittelutietomäärän toimittaminen kerralla on hankalaa ja tiedon etsiminen dokumenteista vie paljon aikaa. Mallipohjainen tiedonhallinta sekä vähentää näitä hukcatekijöitä että parantaa

usean eri toimijan työnkulkua ja -sujuvuutta ilman, että he välttämättä edes käyttäisivät itse tietomalleja. (Eastman et al. 2011, 297–300)

Ensimmäinen synergiahyöty on se, että **tuotemallit vähentävät suunnitelmien laadun vaihtelua**. Mallin visualisointi, nopea eri suunnitelmavaihtojen vertaileminen, tiedonhallinnan parantuminen, tietokoneen suorittama virheiden tarkastaminen ja automaattiset raportit johtavat entistä yhtenäisempiin suunnitelmiin ja luotettavampaan informaatioon. Seurauksena hukan määrä pienenee, tiedon odottaminen vähentyy ja taloudelliset hyödyt moninkertaistuvat.

Toiseksi, **tietomallinnus lyhentää hankkeen läpimenoaikaa**. Rakentamisessa on olennaista saada oikeat rakennustuotteet ja -materiaalit mahdollisimman nopeasti paikoilleen ilman, että niitä tarvitsee varastoida tai siirrellä työmaalla. BIMin avulla erityisesti urakoitsijan on mahdollista lyhentää hankkeen kokonaiskestoa sitomalla osatyötävät 4D-malliin ja simuloimalla rakentamista etukäteen, jolloin prosessin suurimmat riskit ja epäkohdat paljastuvat jo suunnitteluvaiheessa.

Kolmas synergiahyöty on **tietomallien yhteiskäyttö koko rakentamisen arvoketjun kesken**, jota on käsitelty jo luvussa 2.3.1 Crusellin sillan yhteydessä. Kun tuotemalli saadaan synkronoitua kaikkien rakentamisketjussa olevien osapuolten kesken, se tarjoaa erinomaisen mekanismin esivalmistaa ja toimittaa rakennustuotteita ja -materiaaleja suunnittelun mukaisesti. Lopuksi **tietomallit tukevat lukuisia eri Lean Constructionin tavoitteita jo suunnitteluvaiheessa**. Asiakkaat ymmärtävät suunnitelmasisällön paremmin, ja suunnittelijat voivat tehdä analyysyjä sillan käytöstä. Väylien ja siltojen osalta erityisesti virtuaalisella sillan yliajamisella ja rakennettavuusanalyysillä on saavutettu lupaavia tuloksia.

Tämä perusteella voidaan todeta, että tietomallit ovat korvaamaton työkalu tuottavalle rakennusprosessille. Ei pelkästään sen suorien hyötyjen ansiosta, vaan myös koska ne mahdollistavat Lean Constructionin mukaisen ajattelun. Tämä on niin ikään sopusoinnussa tilaajien ja yhteiskunnan vaatimuksille entistä vihreämmästä ja kestävämmästä rakentamisesta. (Eastman et al. 2011, 297–300)



## 5 Tulokset

Työn tulokset pohjautuvat pääosin tehtyihin teemahaastatteluihin ja edellä käsiteltyjen alan tutkimushankkeiden tuloksiin. Työn aikana myös alan lehtijulkaisuista ja seminaareista<sup>20</sup> on kerätty huomioita, jotta työn tulokset kuvastaisivat mahdollisimman hyvin alan yleistä ilmapiiriä.

### 5.1 Muutokset sillansuunnittelun hankintaprosessissa

Tietomallien käyttöönottoaminen tulee muuttamaan sillansuunnittelun hankintaprosessia ja ennen kaikkea vakiintuneita työtapoja. Dokumenttipohjaiset rakennuspiirustukset tulevat vähenemään ja korvautumaan ennen pitkää tuotemallien kuvannoilla, ja sillan tuotemalli tulee olemaan tilaajalle toimitettava sopimuksellinen lopputuote. Sillan rakennus suunnittelu tulee olemaan entistä tarkempaa ja tiedonhallinta parempaa. Samalla koko sillan toteutus- ja ylläpitoprosessi muuttuu perinteisestä vaiheajattelusta älykkääseen koko sillan elinkaaren kattavaan rakennusketjuun, jossa suunnittelija tulee olemaan vahvemmin vuorovaikutuksessa myös rakentamisvaiheessa.

Ensimmäinen mallintamisen aikaansaama suuri muutos sillansuunnittelun hankintaprosessissa muistuttaa muutosta, jolloin käsin piirtämisestä siirryttiin 2D-CAD-viivapiirtämiseen. Nyt käsillä oleva muutos on kuitenkin huomattavasti suurempi koko sillan toteutuksen kannalta. Kun 1980-luvulla 2D-CAD-piirtäminen yleistyi, silta-alan oli määritettävä piirustusohjeistukset muun muassa viivanpaksuuksille, piirustuskerrosten nimeämiselle ja rakennuspiirustuksien sisällölle. Nyt alan tulee laatia yhteiset pelisäännöt ja vaatimukset tietomallinnukselle, joka lisää suunnitelmien tietomäärää huomattavasti enemmän kuin taannoinen siirtyminen 2D-CAD:iin. Suunnittelun vaatimukset ja ohjeistukset tulevat lisääntymään eikä niitä pysty esittämään yhdessä taulukossa, kuten piirustusohjeistuksia. Mallinnusohjeet ja -vaatimukset kootaan Siltojen tietomalliohjeeseen, jota kehitetään saatavien kokemusten perusteella. Tärkein päämäärä on se, että sillansuunnittelija pystyy tuottamaan sellaisen standardinomaisen tuotemallin, jota urakoitsija ja tilaaja osaavat lukea aina samalla tavalla.

Kattavien sillansuunnittelun tietomallinnusvaatimusten ja -ohjeiden tekeminen on mahdollista vasta vuosien kokemusten perusteella, mutta on selvää, että nykyiset ohjeet sillan eri suunnitelmavaiheiden asiakirjoista, niiden sisällöstä ja esittämistavasta tulee uudistaa mallintamisen myötä. Esimerkiksi ominaistietokortit, kustannusarviot, määräluettelot, siltakohtaiset laatuvaatimukset ja työtapaehtotukset voidaan linkittää suoraan ti-

---

<sup>20</sup> Diplomityön aikana järjestetyt seminaarit ovat esitetty liitteessä A.

laajalle toimitettavaan malliin sen sijaan että ne toimitettaisiin erillisinä dokumentteina, kuten perinteisesti on toimittu. Edellä mainittujen suunnitteluasiakirjojen sitominen malliin ja rakennusosiin teknisesti tulee jatkossa tutkia ja testata perinpohjaisesti pilotti-projektien avulla. Työtapaehdotusta silmällä pitäen mallipohjainen virtuaalinen rakennettavuusanalyysi on haastattelujen perusteella eräs lupaava keino vertailla eri suunnitelmavaihtoehtojen toteutettavuutta käytännössä.

Piirustusten sisältövaatimukset pohjautuvat ennen kaikkea urakoitsijoiden tarpeeseen tulkita suunnitelmia ja arkistoida suunnitelmat viranomaisia varten. Tietomallintaminen tuo mukanaan enemmän ja paremmin lajiteltua digitaalista suunnittelutietoa, minkä vuoksi myöskään piirustusten sisällölle ei ole tarpeen asettaa samanlaisia vaatimuksia kuin mitä tähän asti on totuttu. Esimerkiksi tuotemallien mittatieto antaa urakoitsijalle mahdollisuuden käyttää tietoa suoraan numeerisesti ohjattavissa CNC-koneissa, mikä periaatteessa poistaa vaatimukset mittojen ja korkojen esittämisestä rakennepiirustuksissa. Jatkossa siis pitäisi tutkia, miten urakoitsijat pystyvät hyödyntämään suunnittelijan tekemää tuotemallia rakentamisessa sekä omasta tahdostaan että tilaajan vaatimuksesta.

Keskeisimmät ohjeet ja vaatimukset, joita siltojen tuotemallinnukselle voidaan ja tulee asettaa, ovat tuotemallin sisältämän tiedon laajuus ja tarkkuus suunnitteluvaiheittain, mallin käyttötarkoitukset ja mallin tietosisältökartta. Kaikki nämä ovat jatkossa erittäin tärkeitä tutkittavia asioita, jotta sillansuunnittelua voidaan hankkia tietomallipohjaisesti. Ensimmäinen versio tuotemallin tietosisällöstä suunnitelmavaiheittain on esitetty Siltojen tietomalliohjeessa<sup>21</sup>, ja sen päivitystyö on tutkimuksen kirjoitushetkellä käynnissä 5D-silta-projektissa. Mallin käyttötarkoituksia on paljon ja niitä syntyy koko ajan lisää, joten tilaajan on syytä harkita jatkossa tarkkaan, mihin se haluaa mallintamista käyttää kussakin hankkeessa. Mallin tietosisältökartta ja tiedon luokittelu eri hierarkiatasoihin ovat erittäin oleellisia, jotta kaikki osapuolet oppivat lukemaan mallia ja käsittelemään sen sisältämää tietoa.

Toinen mallintamisen aikaansaama muutos suunnittelun hankinnan kannalta liittyy totuttuihin toimintatapoihin ja työmenetelmiin, jotka aiheuttavat riskin epäterveistä toimitajamarkkinoista, joita on tilaajan näkökulmasta vaikea hallita. Samalla jotkin toimijat voivat saada kilpailuetua sisäisen kehitystyön ja onnistuneiden referenssiprojektien kautta, mikä aiheuttaa hajontaa siltakonsulttien ammattiosaamisessa. Tämä korreloi edelleen suunnittelutarjousten laatupisteisiin ja kilpailun vähenemiseen, koska toiset onnistuvat tehostamaan omaa mallipohjaista suunnitteluprosessiaan muita paremmin. Hyvä asia on, että silta-ala on kehittänyt avoimessa yhteistyössä pelisääntöjä, minkä

---

<sup>21</sup>Esitetty liitteessä C.



vuoksi pääosa kehitystyön tuloksista on tasapuolisesti kaikkien saatavilla. Tästä huolimatta mallinnustavat ja yritysten itse luomat mallinnustyökalut salataan luultavasti vielä pitkään kilpailijoilta, eikä natiivimalleja, mallinnuskirjastoja tai automaatiotyökaluja luovuteta kilpailijoille kuin pakottavan tarpeen vaatiessa.

Pitkällä aikavälillä tietomallit tulevat olemaan standardeja, markkinat asettuvat tasapainoon ja tietomallit tulevat väistämättä olemaan jokapäiväinen työkalu kaikilla rakennusprojektin eri osapuolilla. Tietomallintamisesta ei saa enää samanlaista kilpailuetua kuin siirtymävaiheessa, ja tilaajan on helpompi hallita toimittajamarkkinoita. Tavoitteen mukainen tilanne on, että myös aggressiivisella kilpailuttamisella voidaan saavuttaa hankinnan tavoitteet täyttävä sillan tuote- ja ylläpitomalli mahdollisimman edullisesti. Jotta tehokas kilpailuttaminen saadaan käyttöön sillan tyypistä ja koosta riippumatta, täytyy kaikkien osapuolten tietää tarkasti tietomallintamisen yhteiset pelisäännöt. Vahvaan hinnalla kilpailuttamiseen liittyy myös suunnittelijan mahdollisuus kehittää omaa mallipohjaista toimintaansa tehokkaammaksi kuin kilpailijoilla. Toisin sanoen suunnittelijalle avautuu mahdollisuus saada hintakilpailuetua kilpailijoihinsa verrattuna.

Loppujen lopuksi tietomallit ovat työkalu siirtää ja hallita tietoa paremmin kuin aikaisemmin. Peruseriaatteet sillan hankintaprosessissa ja -menetelmissä eivät muutu, mutta tilaajalle toimitettava suunnitelma-aineisto muuttuu ja sen tietomäärä kasvaa. Uusien työkalujen ja -menetelmien opettelu aiheuttaa tilaajalle alkuvaiheessa lisäkustannuksia yksittäisen rakennussuunnitelman tilaamisessa, joten tietomallintamisen käyttöönotto pitää nähdä sijoituksena tulevaisuuteen.

### **5.1.1 Osapuolten roolit mallipohjaisessa siltahankkeessa**

Suunnittelijan, tilaajan ja urakoitsijan toimenkuvat tulevat muuttumaan tietomallien käytön myötä. Yhteistoiminta tulee lisääntymään ja osapuolten toiminta limittymään entistä voimakkaammin hankkeen eri vaiheissa. Lisäksi alalle syntyy täysin uusia tehtäviä ja sitä myötä ammattinimikkeitä, kuten tietomallikoordinaattori, BIM-asiantuntija, 3D-kehityspäällikkö ja huoltokirjavastaava. Tietomallikoordinaattori valvoo eri suunnittelijoiden tekemiä tietomalleja, toimii ennen kaikkea tietomallien laadunvalvojana sekä vastaa mahdollisesta yhdistelmämallista. Talojen rakennesuunnittelussa myös pääsuunnittelija on toisinaan toiminut tietomallikoordinaattorina. BIM-asiantuntija - tai 3D-asiantuntija -titteliä on aloitettu puolestaan käyttämään itse mallintajien tai sen kehittäjien toimesta. 3D-kehityspäälliköt ovat useimmissa suomalaisissa suunnittelutoimistoissa vastuussa koko yrityksen tietomalliympäristön kehittämisestä ja ylläpitämisestä, minkä vuoksi koko suunnitteluprosessin tehokkuus ja yrityksen hintakilpailuetu on pitkälti heistä kiinni. Huoltokirjavastaava on erityisesti Senaatti-kiinteistöjen käyttämä titteli

henkilöstä, joka vastaa kiinteistön tai rakenteen huoltokirjasta. Huoltokirjavastaava voi toimia myös dokumenttipohjaisesti, mutta tulevaisuudessa häneltä tullaan edellyttämään varmasti myös mallipohjaisen huoltokirjan hyödyntämistä.

Siltojen rakennusprosessissa esivalmistusaste tulee kasvamaan, minkä vuoksi myös rakennustuoteteollisuuden yritysten toimenkuva tulee muuttumaan. Kantavien teräsrakenteiden osalta kokoonpanopiirustusten toimittaminen ja laitteiden koneistaminen mallipohjaisesti alkavat olla jo vakiintunut tapa. Pienemmät ja enemmän detaljeja sisältävät teräsosat kuten kaiteiden ja kiinnikkeiden mallintaminen vaihtelee vielä hankekohtaisesti, vaikka suunta on selvästi kohti mallintamista. Jatkossa tulisikin miettiä, mihin vedetään se raja, jolloin kaikkien rakenneosien mallintaminen ei ole enää mielekästä. Betoniraidoitteiden valmistaminen tehtaassa suoraan mallin perusteella on muuttamassa puolestaan raidoitteiden toimittajien käytäntöjä lähitulevaisuuden aikana. Niin ikään puuteollisuudessa automaattisten CNC-työstökoneiden käyttäminen ja koneistaminen tietomalleihin perustuen on kasvattanut kiihtyvästi suosiotaan.

Siltakonsulttien toimenkuva tulee laajenemaan uusien mallinnustehtävien myötä, ja yrityksiin on kasvava tarve rekrytoida lisää tietomalliasiantuntijoita ja -osaajia. Tilaajat ovat toistaiseksi siirtyneet suunnitelmien sisäisestä tarkastuksesta käyttämään tuotemallien laadunvarmistuksessa ulkopuolista siltakonsulttia. Tämä myös rakennesuunnittelussa maailmanlaajuisesti paljon käytetty *Independent Checking* on nyt yleistymässä Suomessa kattaen sekä rakennesuunnittelun että tuotemallin laadunvarmistuksen. Jatkossa tilaajien tulee keskittyä kehittämään omia suunnitelmien tarkastusmenetelmiään ja työkalujaan. Esimerkiksi Liikennevirastossa valmistellaan uusia automaattisia tarkastustyökaluja tietomallien oikeellisuuden tarkastamiseksi. Talopuolella puolestaan Solibri Model Checker -ohjelmistosta on saatu hyviä kokemuksia suunnitelmien tarkastamisessa.

Osapuolten limittyneet roolit ja tiiviimpi yhteistyö tarkoittavat myös sitä, että suunnittelija tulee olemaan enemmän mukana vielä toteutusvaiheessa ja urakoitsija vaikuttamassa jo suunnitteluratkaisuihin. Samalla hankkeen kokonaisläpimenoaika on mahdollista lyhentää oleellisesti ja madaltaa osapuolten välisiä rajapintoja. Tietomallikoordinaattorin pitää puolestaan olla mukana hankkeen jokaisessa vaiheessa joko suunnittelijan, urakoitsijan tai ulkopuolisen tahon toimesta. Tämän myötä myös riitelyn, valitusten ja reklamaatioiden määrä sekä lakimiesten ja asiantuntijatodistajien käyttäminen perinteisissä rakennushankkeen tehtävissä tulee vähenemään. On kuitenkin hyvä muistaa ja tiedostaa uudistuneisiin hankinta-asiakirjoihin, immateriaalioikeuksiin ja aineiston käyttöoikeuksiin liittyvät juridiset riskit, joihin myös tekeillä oleva KSE 2012 ottaa kantaa.



Varsinaisesti osapuolten rooleissa ei tapahdu niin suurta muutosta kuin työtavoissa ja -menetelmissä, jotka vaikuttavat enemmän yksilötasolla jokaiseen tietomallien parissa työskentelevään henkilöön – ennen pitkää siis jokaiseen työntekijään. Erityisen merkittävä on muutos urakoinnissa totutuissa työtavoissa, jotka vaikuttavat myös mallinnustapaan ja sitä kautta suunnitteluun. Esimerkiksi muottien mittaustyö ja määrälaskenta automatisoituvat vähentäen perinteisten piirustusten määrää ja sisältötarpeita. Rakennuspiirustukset eivät tule kuitenkaan poistumaan lähitulevaisuudessa, sillä esimerkiksi raudoittajan on koettu tarvitsevan edelleen perinteisiä piirustuksia. Vaihtoehtoisiksi on ehdotettu säänkestävien taulutietokoneiden tai työmaalle heijastettavien 3D-hologrammien käyttöä rakentamisen tukena, mutta tekniikoiden ja ohjelmistojen ei ole koettu olevan vielä tarpeeksi kehittyneitä tai kustannustehokkaita. 2D-piirustuksia vaaditaan lisäksi vielä toistaiseksi viranomaisarkistoihin, mutta on oletettavaa että näidenkin arkistojen vaatimukset tulevat muuttumaan tulevaisuudessa.

### 5.1.2 Toteutusmuodot

Hankkeen koolla, monimutkaisuudessa ja riskin hinnoittelulla on huomattavasti suurempi vaikutus käytettävään toteutusmuotoon kuin tietomallintamisella. Kuitenkin mitä monimutkaisempi hanke on kyseessä, sitä enemmän tilaaja tarvitsee ulkopuolista apua niin projektinjohdossa kuin toteutuksen suunnittelussakin, ja sitä enemmän hyötyä tietomallinnuksella saavutetaan. Yksinkertaisemmat ja pienemmän riskin hankkeet ovat edullisempia hankkia kokonaishintaisena urakkana tai puitesopimuksella, mikäli se on mahdollista. Tyypillisesti uudishankkeet ovat isoja ja monimutkaisia, siinä missä korjaus- ja parantamishankkeet ovat pienempiä ja yksinkertaisempia.

Yhteistoimintamuotojen ja tietomallintamisen yhdistämiseen kohdistuu infra-alalla valtavat odotukset. On hyvin todennäköistä, että allianssi ja tietomallit otetaan lähitulevaisuudessa käyttöön erityisesti suuremmissa hankkeissa, mutta osittain tai muunneltuna niitä tullaan varmasti hyödyntämään myös pienemmissä hankkeissa. Pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden tekemällä kuvitteellisella allianssisopimuksella voitaisiin vähentää merkittävästi hukcatekijöitä ja parantaa tuottavuutta. Tavoitteen mukaisissa yhteistoimintamuuodoissa, kuten esimerkiksi allianssissa, ohjataan sopimuksellisin velvoittein yhteistyön ja tietomallintamisen tarkkuutta sekä tavoitteita.

Tietomallintamisen, yhteistoimintamuotojen ja alati kasvavan tahtotilan hukan eliminointiin sekä tuottavuuden kasvattamiseen odotetaan kehittyvän tulevaisuudessa käsi kädessä toistensa kanssa osana siltojen toteutus- ja ylläpitoprosessia, sillä niillä on selvästi toisiaan tukevia synergiahyötyjä. Lean Construction tarkoittaa rakennussuunnittelussa kaikkien hukcatekijöiden poistamista, jotka eivät tuota suoranaista lisäarvoa tilaa-

jalle. Näitä hukkatekijöitä ovat muun muassa turhien piirustusten tekeminen, suunnitelmavirheiden ja uudelleen tekemisen välttäminen sekä lyhyemmät toistuvien suunnittelu-tehtävien läpimenoajat. Tietomallintaminen tukee erinomaisesti kaikkien näiden hukkatekijöiden poistamista rakentamisketjusta. Lean Constructionin työkalujen soveltaminen ja tietomallinnus eivät kuitenkaan ole riippuvaisia käytetystä toteutusmuodosta, kun taas yhteistoimintamuotoihin suositellaan vahvasti mallintamisen käyttämistä ja suuremmassa mittakaavassa hukka- ja häiriötekijöiden eliminointia Lean-ajatteluun pohjautuen.

Tietomallinnus ei siis sulje pois perinteisiä toteutusmuotoja, joten kokonaishintaiset pääurakat tulevat säilymään tulevaisuudessakin suosituimpina toteutusmuotoina. Kuitenkin myös kokonaishintaisissa urakoissa on todennäköistä, että suunnittelijan ja urakoitsijan roolit limittyvät voimakkaammin keskenään. Suunnittele ja toteuta -mallin sekä yhteistyömenettelyjen lisääntyessä myös yksityisten tilaajien määrä voi joidenkin haastattelujen perusteella kasvaa. ST-mallit mahdollistavat hankkeen nopeamman läpimenoajan ja natiivimallin käyttämisen koko rakennusprosessin ajan, mutta ne eivät motivoi toimijoita pyrkimään laadukkaimpaan mahdolliseen lopputulokseen yhtä voimakkaasti kuin esimerkiksi allianssi. Toisin sanoen ST-malli kärsii samoista tuottamattomuuden ongelmista kuin perinteinen pääurakkamuotokin.

### 5.1.3 Hankintamenetelmät ja -strategiat

Hankintamenetelmää valittaessa päätetään myös yhteistyön ja kilpailuttamisen tasapainosta, jota pidetään hyvän hankintatoimen yhtenä tärkeimmistä peruselementeistä. Rajoitettu ja avoin menettely toimivat hyvin aggressiivisessa kilpailuttamisessa, siinä missä neuvottelumenetelmät, puitesopimukset ja yhteistoimintamuodot antavat mahdollisuuden etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja yhteistyössä. Kuten toteutusmuodon valinnassa, tietomallinnus ei sulje myöskään pois mitään hankintamenettelyn käyttöä, mutta tukee paremmin kilpailullista neuvottelumenettelyä ja suunnittelukilpailua, joissa osapuolten kommunikointi ja vuorovaikutteisuus ovat merkittävässä asemassa.

Suomessa myös tilaajien käytössä olevat resurssit rajoittavat mallipohjaista kilpailuttamista, sillä pienemmillä tilaajilla ei ole tarvittavaa tietotaitoa tietomallien käyttämistä varten. Tietomalliosaaminen on Suomessa keskittynyt toistaiseksi vain harvoille toimijoille, minkä seurauksena pienemmät tilaajat joutunevat ulkoistamaan osan hankintatoimestaan lähitulevaisuudessa. Niin ikään pienemmät yritykset ovat heikommassa asemassa tarjotessaan mallipohjaisia palveluita, siinä missä suuremmat ja kehitystyössä mukana olevat yritykset saavat ainakin mallintamisen alkuvaiheessa selvää kilpailuetua.



Tällä hetkellä ja lähitulevaisuudessa on tarpeen painottaa yhteistoimintaa myös pienemmissä hankkeissa siltä osin, kun hankintalaki antaa siihen mahdollisuuden. Kun tilaaja ja siltakonsultti etsivät vuorovaikutteisesti uusia ratkaisuja, on uusien ratkaisuiden löytyminen, tuottavuuden parantuminen ja verovarojen tehokkaampi käyttö todennäköisempää. Lisäksi varmistutaan siitä, että ymmärrys mallinnustavoitteista on molemminpuolinen. Niin ikään rakentamista ja eri vaihtoehtoja voidaan tällöin helpommin simuloida etukäteen rakennettavuusanalyysillä, mikä auttaa merkittävästi parhaimpien käytäntöjen ja edelleen kustannustehokkaimman ja laadukkaimman vaihtoehdon valinnassa.

Hankintayksiköiden vuoropuhelu potentiaalisten tarjoajien kanssa jo ennen hankintailmoituksen tekoa pitää nähdä mahdollisuutena kirkastaa hankinnan tavoitteita. Vaikka yhteistoiminnan suurimmat hyödyt liittyvätkin vasta projektin toteutusvaiheeseen, aikaisella vuoropuhelulla voidaan varmistaa laadukas tarjouspyyntö ja laadukkaiden tarjousten saaminen tarjoajien ammattitaitoa hyväksikäyttämällä. Juridisesti uudistuneet hankinta-asiakirjat ja toimintatavat ovat kuitenkin riski, koska tarjoajien yhdenvertaisuuden arvioiminen vaikeutuu, ja hankintapäätösten haastaminen oikeuteen helpottuu. Hankintalainsäädännön periaatteet ja määräykset ovat siten tärkeä pitää mielessä hankintatoimea uudistettaessa.

Puitesopimukset voidaan nähdä julkisten tilaajien ja siltakonsulttien kumppanuussopimuksina, joiden osalta riittää vain yksi kilpailutus. Kumppanuuden ja sitä myötä tiiviimmän yhteistyön avulla tilaajalla ja suunnittelijalla on mahdollisuus neuvotella vuorovaikutteisesti hankinnan tavoitteista, tavoitella alempia hankintahintoja ja jatkuvasti kehittää suunnittelupalveluita. Puitesopimuksia on käytetty onnistuneesti myös useissa Infra FINBIM -pilottiprojektissa, joissa konsultti on oma-aloitteisesti ehdottanut tietomallintamista kyseisissä projekteissa. Useimmiten tilaajan on helppo hyväksyä tällaisessa tilanteessa tietomallintamisen käyttäminen ja siitä aiheutuvat kohtuulliset lisäkulut.

Niin ikään neuvottelumenettely johtaa tiiviimpään yhteistyöhön, mikäli sitä voidaan käyttää. Sillansuunnittelun hankinta ylittää kuitenkin useimmiten raja-arvon, joka sulkee pois neuvottelumenettelyn käyttämisen, jos kyseessä ei ole tutkimus- ja kehityshanke. Toistuvia siltahankkeita ei voi myöskään ikuisuuksiin perustella tutkimus- ja kehityshankkeina, jotka sallivat neuvottelumenettelyn käytön. Vaihtoehtona on kilpailullinen neuvottelumenettely, jonka käytölle ei ole varsinaisesti muita rajoituksia kuin hankkeen suuret perustamiskustannukset. Kilpailullisen neuvottelumenettelyn käytön odotetaan joka tapauksessa kasvavan tulevaisuudessa, sillä hankkeiden koon ja monimutkaisuuden odotetaan lisääntyvän. Kunnissa hankkeiden koon kasvattaminen ja kilpailullisen neuvottelumenetelmän käyttö ei kuitenkaan ole yhtä selvää kuin Liikennevirastossa.

Hankintastrategia samaistuu pitkälle valittavaan hankintamenettelyyn ja toteutusmuotoon, ja sitä myötä yhteistyön syvyyteen. Yhtenä julkisen toimijan lupaavana hankintastrategiana työssä nousi esille kilpailutettujen kumppanuussopimusten käyttäminen, johon pohjautuen molemmiin puolista projektitoimintaa voidaan kehittää kestävästi. Tämä vastaa hyvin tilaajan tarpeita, niin pitkään kuin tietomallipohjainen sillansuunnittelu sijoitetaan Kraljicin matriisin oikeaan yläneljännekseen, jossa vallitsee toimittajan markkinat. Pitkällä aikavälillä tilaajien tulee hankintastrategiassaan pyrkiä sijoittamaan tietomallipohjainen suunnittelunhankinta lähemmäksi Kraljicin matriisin vasenta yläneljännestä, jossa vallitsee ostajan markkinat. Kun hankkeen kokonaisvolyymiä kasvatetaan, voidaan ohjelmistojen kirjastoja usein hyödyntää tehokkaammin ja välttyä muun muassa siltä, että jokainen silta pitää mallintaa yksitellen alusta alkaen.

#### **5.1.4 Tarjousten arviointimenettelyt**

Tietomallintaminen ei muuta arviointimenettelyjen peruseriaatteita ja hinta tulee pitkällä aikavälillä edelleenkin olemaan hallitseva komponentti tarjouksia pisteytettäessä. Mitä enemmän kokemuksia mallipohjaisista projekteista saadaan, sitä pienempi on tilaajan riski ja sitä voimakkaammin tilaajalla on mahdollisuus painottaa hintapisteitä. Tietomalliosaamista on kuitenkin tarpeen painottaa erityisesti suurissa ja monimutkaisissa hankkeissa, joissa mallintamisella saavutetaan eniten etuja. Tarjouksessa arvioitavia laadullisia elementtejä, joita mallinnus tuo mukanaan voivat olla muun muassa ratkaisun elinkaarikustannukset, rakennusprosessin kehittämisen mahdollisuudet, asiakastyytyväisyys ja mallinnuksen monipuolinen käyttäminen.

Tietomalliosaaminen mielletään alkuvaiheessa osaksi siltakonsultin ammatillista pätevyyttä, joka on tarkoituksenmukaista pisteyttää osaksi laatupisteitä. Kun tietomallintaminen tulevaisuudessa vakiintuu osaksi alan ammattilaisten jokapäiväistä työtä, voidaan riittävä tietomalliosaaminen ja mallinnuksen käyttäminen kirjoittaa yksinkertaisemmin tarjouksen poissulkevaksi kriteeriksi. Siltojen tuotemallit tulevat täten olemaan jonain päivänä standardeja, eikä tietomalliosaamisesta ole tarpeen pisteyttää osaksi laatupisteitä. Tietomalliosaamisen tai tietomallinnusreferenssien vaatimista ei pidä kuitenkaan nähdä ketään poissulkevana kriteerinä, sillä tarjoajilla on aina mahdollisuus verkottua muiden toimijoiden kanssa. Myös talopuolella verkottuminen on ollut keino päästä tarjoamaan vaativiin tietomallipohjaisuutta edellyttäviin suunnittelutarjouspyyntöihin.

Referenssien ja henkilöpätevyyksien arvioiminen on aina vaikea tehtävä, sillä niiden ilmoittaminen riippuu täysin tarjouksen laatijasta. Esimerkiksi on todennäköistä, että kokeneempi siltakonsultti ei ilmoita kaikkia pienimpiä projektejaan, jotka nuorempi sillansuunnittelija ilmoittaisi. Referenssit ovat siten keskenään eriarvoisia, joten niitä arvi-



oitaessa olisi periaatteessa oikeudenmukaista myös arvottaa referenssit eri tavalla, mikä ei kuitenkaan ole teknisesti mahdollista. Myös tietomallinnusreferenssien arviointiin pätee sama ongelma, vaikka käytännössä talojen rakennesuunnittelun tarjouspyynnöissä on edellytetty vain riittävä määrä tehtyjä tietomallikohteita. Eräs vaihtoehto tulevaisuudessa olisi rinnastaa tietomalliosaaminen muihin FISEn henkilöpätevyksiin, jolloin FISEn todistus toimisi tarjoajan poissulkevana kriteerinä tarjouskilpailussa. Henkilöpätevyksiä ilmoitettaessa on lisäksi havaittu ongelmaksi, että nimetyt henkilöt eivät aina todellisuudessa osallistukaan saatuun työhön. Tämän tutkimuksen perusteella hinta koettiin helpoimmin arvioitavaksi ja tasapuolisimmaksi valintaperusteeksi, vaikka se ei johda koskaan laadukkaimpaan mahdolliseen lopputulokseen.

Yksi lupaavimmista laadullisista arviointikriteereistä on suunnittelijan lupaukseen perustuva projektisuunnitelma, jossa suunnittelija voi määritellä tarkemmin, miten mallintamista aiotaan käyttää hyväksi suunnittelussa. Tällä tavoin voidaan myös arvioida siltakonsultin kyvykkyyttä suoriutua suunnittelutehtävästä. Vastaavasti urakkatarjousvaiheessa voidaan käyttää toteutuksen projektisuunnitelmaa, jossa urakoitsija määrittelee, miten se tulee käyttämään mallia rakentamisen aikana. Tätä kokeiltiin myös Röforsin sillan urakkakilpailussa, jota on käsitelty tämän työn case-kohteena. Projektisuunnitelmassa määritetty lähestymistapa ja ansiokas tietomallien hyödyntäminen projektin eri tehtävissä voidaan huomioda myös erikseen määritettävällä hyvityksellä osana tarjousta tai käyttämällä kannustinjärjestelmää urakan päätteeksi. Tällä hetkellä voidaan todeta, että pohjoismaiset urakoitsijat eivät ole vielä valmiita tarjoamaan mallipohjaisista siltaurakoista laajassa mittakaavassa. Tietomalliosaamisen taso vaihtelee puolestaan sekä siltojen suunnittelussa että urakoinnissa.

Tietomallipohjaisen projektisuunnitelman lisäksi tilaaja voi edellyttää myös mallipohjaisen työnäytteen tekemistä, jota testattiin Jorvaksen ratapihan case-kohteessa. Suunnittelun hankinnan apuna työnäytteestä saatiin Jorvaksen tapauksessa positiivisia kokemuksia, ja esimerkiksi projektisuunnitelman tekeminen muuten kuin mallipohjaisen työnäytteen avulla johti hyvin alhaisiin laatuasteisiin. Haastattelujen perusteella työnäytteestä ja mallipohjaisesta projektisuunnitelmasta sai myös erinomaisen kuvan suunnittelijan tietomalliosaamisesta, minkä perusteella oli helppo arvioida suunnittelijan kyvykkyyttä selviytyä suunnittelutehtävästä. Mallipohjaisen työnäytteen edellyttäminen ja arviointi on kuitenkin liian raskas prosessi sovellettavaksi suoraviivaisiin projekteihin.

Kannustinjärjestelmien sisällyttäminen suunnittelusopimukseen koetaan myös lupaavana tilaajan työkaluna, joka ohjaa ja motivoi tekemistä käytännössä. Kannustinjärjestelmien hyödyntämistä on tutkittu laajasti muun muassa TUKFIN-hankkeessa, josta saadut kokemukset ja palautteet ovat olleet rohkaisevia. Bonus- ja sanktiomalli on tarkoituksen-

mukainen erityisesti lupaukseen perustuvassa tarjouksessa, sillä projektisuunnitelma ja tietomallin käyttäminen voivat todellisuudessa toteutua paremmin tai huonommin kuin mitä alun perin oli luvattu. Kun siltojen tietomallintaminen saadaan pitkällä aikavälillä standardoitua, voidaan kannustinjärjestelmistä luopua mallinnuksen tavoitteiden täyttymisen osalta tavanomaisissa projekteissa. Siitä huolimatta aikatauluun ja laatuun perustuvat kannustinjärjestelmät koetaan hyviksi niin tilaajien kuin suunnittelijoidenkin keskuudessa.

### 5.1.5 Hankinta-asiakirjavaatimukset

Sopimusmenettelyt ja hankinta-asiakirjat tulevat väistämättä muuttumaan tietomallintamisen myötä. Oleellisin muutos on tietomallivaatimusten ja -tavoitteiden lisääminen osaksi tarjouspyyntöä. Tämä voidaan käytännössä toteuttaa sopimusteknisesti kahdella eri tavalla: mallinnusvaatimukset voidaan joko määrittää tarjouspyynnön liitteenä yksityiskohtaisena tietomallinnussuunnitelmana, tai sitten tarjouspyynnössä voidaan viitata suoraan yhteisiin mallinnusohjeisiin ja -vaatimuksiin.

Tavoitteellinen tilanne pitkällä aikavälillä on, että samoja tietomallivaatimuksia ei tarvitsisi kirjoittaa jokaiseen tarjouspyyntöön erikseen, vaan voitaisiin viitata yhteisesti sovittuihin vaatimuksiin ja ohjeisiin. Periaatteessa siltojen tuotemallit saataisiin tällöin standardoitua, ja kaikki osapuolet oppisivat lukemaan malleja aina samalla tavalla sekä osaisivat odottaa mitä mallit pitävät sisällään. Talonrakennuksen puolella ongelmaksi on muodostunut kuitenkin tilaajien epätietoisuus siitä, mihin he tulevat tarvitsemaan tietomallia. Seurauksena suunnittelijaa on saatettu pyytää mallintamaan kaikki mahdollinen, joka yleisissä mallinnusvaatimuksissa on mahdollista. Vaihtoehtoisesti huonoissa tarjouspyynnöissä on vaadittu vain yleisesti 3D-mallintamista, jolloin suunnittelija on käytännössä itse saanut päättää, miten ja millä tarkkuudella se tietomallin tekee. Mikäli tilaaja tai urakoitsija eivät tiedosta, mitä ja miten tietomalli on rakennettu, rakennusprosessiin syntyy merkittävää hukkaa ja suuri osa tietomallintamisen eduista menetetään.

Tällä hetkellä ja lähitulevaisuudessa on siis useimmiten tarkoituksenmukaista tehdä tarjouspyynnön liitteeksi tietomallisuunnitelma, jossa kerrotaan yksityiskohtaisesti mallinnuksen tavoitteista, velvoitteista ja mahdollisista sopimuskannusteista. Kyseisen liitteen tekeminen on tarvittaessa helppo ulkoistaa, mikä oli käytäntö myös Rõforsin sillan ja Jorvaksen ratapihan pilottikohteissa. Pienemmissä ja suoraviivaisissa hankkeissa, joissa yksityiskohtaisten mallinnustavoitteiden ja -vaatimusten miettimiseen ei haluta käyttää aikaa, tulee pyrkiä viittaamaan yleisesti sovittuihin ehtoihin.



Toisin sanoen ei siis riitä, että mallin käyttöä vain vaaditaan tarjouspyynnössä, koska tällöin malli saatetaan tehdä pelkästään mallintamista varten ilman sen suurempaa päämäärää. Tämä tietomallien väärinkäyttö on erityisesti kokemattomien tilaajien riski. Oleellista on tiedostaa, mitä varten halutaan mallintaa, sillä kaikkia mallintamisen käyttömahdollisuuksia ei ole tarpeen vaatia jokaisessa hankkeessa. Siitä huolimatta on tärkeää saada luotua tavanomaisille siltahankkeille mallinnusvaatimukset ja -ohjeistukset, jotka sekä tilaaja että tarjoaja tuntevat, ja joita he kehittävät saamiensa kokemusten perusteella. Yleisten ohjeiden perusteella voidaan siten hankekohtaisesti määrittää tarkemmat mallinnustavoitteet ja -vaatimukset, mikäli tilaaja kokee sen tarpeelliseksi. Näin ollen varmistutaan myös siltä, ettei malli ole väärin tai vajavaisesti tehty, ja että se täyttää hankinnan tavoitteet.

Julkisissa tarjouspyynnöissä voidaan vaatia jonkin tietyn ohjelmiston käyttämistä vain, mikäli markkinoilla ei ole muuta vastaavaa ohjelmistoa. Sen sijaan tarjouksen poissulkevana kriteerinä voi olla, että käytettävän mallinnusohjelman on tuettava jotain tiettyä avointa formaattia, joka toistaiseksi on talojen rakennesuunnittelussa ollut IFC:n versio 2x3. Lähitulevaisuudessa, menneissä pilottikohteissa ja talonrakennuksen puolella malli luovutetaan tilaajalle kuitenkin myös useimmiten natiiviformaatissa, koska muunnos avoimiin formaatteihin ei ole vielä ongelmaton. Pitkällä aikavälillä riittävän kattava avoin formaatti on tilaajan etujen mukainen, sillä se vähentää riippuvuutta ohjelmistoista ja antaa mahdollisuuden saman mallin käyttämiselle ja päivittämiselle koko infran elinkaaren ajan.

Antti Karjalaisen tekeillä olevassa diplomityössä tullaan antamaan avointen formaattien suositukset sillan ja siihen liittyvän infran tietomalleille. Siltojen osalta suositellaan käytettäväksi IFC-tiedonsiirtoa ja infra-rakenteiden osalta LandXML-tiedonsiirtoa. Nykyisellään ohjelmistot tukevat IFC 2x3 versiota, mutta jatkossa tulee sopia, ryhdytäänkö käyttämään IFC 2x4 vai IFC-Bridge versiota, jotka ovat kehittyneempiä ja vastaavat paremmin siltojen tietomallintamisen tarpeita. Vaaditun avoimen formaatin muoto on talonrakennuksen puolella ollut tapana laittaa jo julkiseen hankintailmoitukseen, jossa tulee kertoa myös siitä, edellyttääkö tilaaja tietomallipohjaista suunnittelua.

Suunnittelun tuloksena laadittavat piirustukset tulevat myös muuttamaan muotoaan ja korvautumaan osittain tietomalleilla sekä niistä tuotetuilla kuvannoilla. Eräs tilaajan ja omistajan kannalta lupaava tiedostoformaatti loppu- ja viranomaisdokumentointia varten on 3D-PDF, josta Senaatilla on hyvin positiivisia kokemuksia ja odotuksia. 3D-PDF:n käyttäminen arkistoinnissa ja sen käytettävyys siltojen dokumentoinnissa vaatii kuitenkin lisäselvitystä. Joka tapauksessa jo pelkillä tietomallista tulostetuilla 3D-kuvakaappauksilla on saavutettu parempaa kommunikointia ja ymmärrystä esimerkiksi

Helsingin Musiikkitalon ja Crusellin sillan työmailla, joissa tietomalleja käytettiin muun muassa visualisoinnin välineenä viemällä mallista tulostettuja kuvakaappauksia työntekijöiden nähtäväksi.

Toteutussuunnittelun, urakoitsijan ja kommunikoinnin kannalta avoimia formaatteja laajasti tukevat ohjelmistot – esimerkiksi Tekla BIMsight ja Solibri Model Checker – vaikuttavat puolestaan lupaavilta. BIMsightissa on mahdollista linkittää PDF-asiakirjoja, kuten esimerkiksi rakennelaskelmia ja tyyppipiirustuksia suoraan malliin, mikä vaikuttaa siltapuolella toimivalta ratkaisulta. Solibrin Model Checker on puolestaan vakiinnuttanut asemansa talopuolella erityisesti, koska sillä on helppo yhdistellä eri suunnittelualojen tietomalleja ja tehdä automaattisia törmäystarkasteluja ja muita analyysejä. Solibri toimii loistavasti lisäksi pinta-ala- ja määräraporttien tekemisessä, mihin ilmainen BIMsight ei pysty.

Tilaaajan näkökulmasta tietomallia voidaan käyttää sähköisessä kilpailuttamisessa urakatarjouspyynnön pohjana sisältäen määrät ja yksikköhinnoiteltavat rakennusosat, mikä vähentää piirustusten sisältövaatimuksia huomattavasti. Täten ne urakoitsijat, jotka eivät osaa tulkita mallia, karsiutuvat automaattisesti kilpailusta pois. Samalla tietomallista tulee sopimuksellinen dokumentti, joka sitoo kaikkia osapuolia. Sekä urakointi- että suunnittelusopimusta varten tarvitaan toki lisäksi perinteiset kaupalliset dokumentit, joissa sovitaan muun muassa työn aikataulusta, veloitusperusteista, vahingonkorvauksen enimmäismäärästä ja suunnitelmien toistuvasta käytöstä maksettavista korvauksista.

## 5.2 Jatkokehittämistarpeet

Työssä tunnistettiin oleelliset muutokset, jotka tietomallipohjainen tiedonhallinta aiheuttaa sillansuunnittelun hankintaprosessiin. Muutokset ja niihin liittyvät jatkokehittämistarpeet on kasattu taulukkoon 5.1, jossa kehittämistarpeet esitetään mallipohjaisen tiedonhallinnan tavoitetilana. Oleelliset jatkokehittämistarpeet liittyvät eksaktien tuotemallivaatimusten määrittämiseen siten, että siltojen tuotemallien rakenne saadaan määritettyä mahdollisimman vakioksi. Niin ikään laatuvaatimusten ja rakennusosanimikkeistön integroiminen osaksi mallia tulee ohjeistaa siten, että mallista voidaan tulostaa automaattisesti tarkat ja totutun näköiset määrä- ja massaluettelot sekä sitoa laatuvaatimukset rakenneosiin totuttujen koodien mukaisesti.

Tämä vaatii myös ohjelmakohtaisten ohjeiden tekemistä yleisimmin käytössä oleviin ohjelmistoihin joko yritysten toimesta tai yhteistyössä alan toimijoiden kesken, jotta myös tiedon muuttaminen avoimiin formaatteihin tapahtuu automaattisesti oikein. Käytännössä jatkossa pitää siis määrittää, mihin nimikkeistö- ja laatu järjestelmään sillan



tuotemalli sidotaan, ja missä järjestelmän koodi mallin tietorakenteessa sijaitsee. Esimerkiksi Tekla Structures -ohjelman nykyisissä versioissa tulee siten jatkossa määrittää mihin tietokenttään laatu järjestelmän koodi syötetään, mikä on UDA-, phase-, class- ja prefix-kenttien sisältö sekä miten rakenneosat nimitään. Näin ollen mallin tietosisältö-kartta saadaan määriteltyä hierarkiatasoittain.

**Taulukko 5.1 Tärkeimmät mallinnuksen aiheuttamat muutokset sillansuunnittelun hankintaprosessissa siirryttäessä dokumenttipohjaisesta mallipohjaiseen tiedonhallintaan.**

Muutos	Dokumenttipohjainen tiedonhallinta	Mallipohjaisen tiedonhallinnan tavoitetilä	Tilanne 08/2012
Piirustusten sisältövaatimukset	Esimerkiksi mitat, korot koordinaatit, betoni-luokka ja pintakäsittely	* Kaikki tieto on sillan tuotemallissa, josta tulostetaan tarvittavat kuvannot * Mallin tarkkuus ja laajuus määritettävä	* 5D-silta3 tekee tätä kehitystyötä * Testataan piloteilla
Suunnitelmien tiedon luokittelu ja hallinta	Tiedot erillään ilman luokittelua	Mallin tietosisältökartta tulee ohjeistaa ohjelmakohtaisesti kunnes avoimia formaatteja voidaan vaatia	5D-silta3 on aloittanut yhteisen nimikkeistön laadinnan
Suunnitelman mukana toimitettavat asiakirjat	Esimerkiksi määräluettelot, kustannusarviot, työselitykset ja ominaistietokortit	* Asiakirjojen linkittäminen tuotemalliin tulee ohjeistaa * Sähköinen mallipohjainen kilpailuttaminen	Ei ole juurikaan tutkittu siltojen osalta julkisesti
Suunnitelmien käyttötarkoitukset	Palvelee lähinnä rakentamista	* Mallin käyttötarkoituksia on lukuisia * Pitää määrittää käyttötarkoitukset	Ei ole juurikaan tutkittu siltojen osalta julkisesti
Tiedon hallinta ja siirtäminen	Paperilla ja PDF-dokumenteilla	Keskitetty mallipohjainen tiedon-hallinta pitää ohjeistaa	Testattu muutamassa projektissa
Toimittajamarkkinoiden hallinnan parantaminen	Tilaa tietää hyvin mitä saa	Suunnittelijalla mahdollisuus vaikuttaa suunnitelman sisältöön	Markkinat ovat epätasapainossa ja osaaminen on keskittynyt harvoille
Suunnittelutehtävien määrittäminen ja osapuolten roolit	Vakiintuneet roolit	Uusia tehtäviä esimerkiksi tuotemallien tarkastaminen <sup>1</sup> ja yhdistelmämallin teko <sup>2</sup>	<sup>1</sup> Pääosin ulkoistettu <sup>2</sup> Ei onnistu kovin hyvin
Yhteistoiminnan ja tuottavuuden lisääntyminen	Vähän yhteistoimintaa ja perinteiset hukatekijät	Kommunikointi tehostuu, osapuolten roolit limittyvät ja tuottavuus kasvaa	Yhteistoiminta ja BIM kasvattavat suosiotaan
Toteutusmuodot	Riski määrittelee	BIM tukee yhteistoimintamuotoja	Uusia toteutusmutoja testataan
Suunnitelmien julkisuus ja avoimuus	Ei salailua	Suunnitelmat salataan kilpailijoilta	Avoimet formaatit eivät ole vielä valmiita
Tarjousten arviointimenettelyt	Hinta on hallitseva komponentti	Hinta hallitsee edelleen, mutta tietomalliosaaminen tulee pisteyttää	Vain vähän kokemuksia eri arviointimenettelyistä
Testaaminen piloteilla	Osataan hyvin, ei tarvitse pilotoida	Tarvitaan kokemuksia ja niiden dokumentointia	27 pilottia käynnissä Infra FINBIM:ssä
Lupaprosessi ja arkistointi	Paperinen tieto hajallaan	Sähköistä arkistointia pitää kehittää	Arkistoidaan paperilla

Mallipohjaisen sillansuunnittelun hankinnan kannalta tärkein päivitettävä dokumentti on Siltojen tietomalliohje, jonka tulee tulevaisuudessa antaa yksityiskohtaiset ja ristiriidattomat vaatimukset mallinnuksen laajuudesta, tarkkuudesta ja tiedon luokittelusta suunnitelmavaiheittain. Tätä silmällä pitäen Siltojen tietomalliohjeeseen on laadittu liitteen C taulukko, jossa esitetään vaatimukset keskeisimmistä mallinnettavista rakenneosista eri vaiheissa. Taulukko on avainasemassa siihen, että siltojen tuotemallit saataisiin standardinomaisiksi, ja kaikki osapuolet oppisivat lukemaan niitä aina samalla tavalla hankkeesta riippumatta. Kyseinen taulukko ja Siltojen tietomalliohje ovat vielä puutteellisia käytettäväksi sellaisenaan tarjouspyynnössä. Ohjetta päivitetään työn kirjoitushetkellä 5D-silta3 -työryhmän johdolla.

Kokemukset mallipohjaisista siltaprojekteista ovat jatkossa ensiarvoisen tärkeitä kehitettäessä näitä ohjeistuksia. Avainasemassa ovat siten käynnissä olevat pilottiprojektit ja tulevat mallipohjaiset siltahankkeet, joita on tärkeää jatkaa ja käynnistää tulevaisuudessakin. Kokemukset tulee myös analysoida ja raportoida tarkasti niiden saamiseksi koko alan tietoisuuteen. Kokemuksia ja parhaita käytäntöjä on tarpeen kerätä myös ulkomaisista projekteista – erityisesti Pohjoismaista, joissa siltojen ja infran tietomallinnus kehittyy kutakuinkin samaa tahtia Suomen kanssa.

Tietomallien tulkintatyö pitäisi pystyä siirtämään paremmin ihmiseltä tietokoneelle luomalla lisää automaattisia tarkastustoimintoja. Laadunvarmistusmenetelmiä tulee jatkossa kehittää sekä yritysten sisällä että tilaajan toimesta, sillä tietomallien oikeellisuus korostuu samalla, kun ihmisen tekemä tarkistus jää pois tai sen merkitys pienenee. Niin ikään kehittyneempien automaatiotyökalujen saaminen piirustustuotantoon parantaisi sekä suunnittelijan että urakoitsijan tuottavuutta ja laatua niin pitkään kun piirustukset säilyvät ensisijaisina rakentamista ja loppudokumentointia palvelevina asiakirjoina.

Sekä tilaajan että suunnittelijan kannalta olisi olennaista oppia hyödyntämään edellisen suunnitteluvaiheen tietomallia seuraavassa vaiheessa siten, että projektitiedon määrä maksimoidaan ja rajapinnoissa syntyvä hukka minimoidaan siirrettäessä tietoa vaiheesta toiseen. Eri suunnittelu- ja toteutusvaiheiden välisten rajapintojen madaltamista tietomallien avulla ei ole juurikaan tutkittu, vaikka siihen sisältyy suuret odotukset, sillä tietomallien avulla suunnitelmien tulkinnan vara pienenee ja suunnittelutietoa siirtyy enemmän vaiheesta toiseen. Ongelma on toisaalta vahvasti sidoksissa myös ohjelmistojen ja avointen formaattien kehitykseen, jota tekeillä oleva Antti Karjalaisen diplomityö käsittelee.

Tutkimuksen perusteella jatkokehitystarve sisältyy myös siltojen tietomallintamisen kehittämiseen siten, että se kattaa urakointivaiheen ja koko sillan elinkaaren. Sen lisäksi, että sillan tietomallin rakenteen tunteminen on tärkeää urakoitsijalle, myös ylläpidosta ja huollosta vastaavan tahon on oleellista oppia käyttämään sillan ylläpitomallia tehokkaasti huoltotöissä. Urakoitsijoiden mallinkäyttötarpeiden selventäminen jatkossa auttaisi merkittävästi myös hankittaessa sillansuunnittelua, sillä sillan tuotemalli tehdään loppujen lopuksi ensisijaisesti työmaan tarpeita silmällä pitäen. Niin ikään projektinjohd- toon ja koulutukseen sisältyy lukuisia jatkokehittämistarpeita, jotka liittyvät mallipohjaisen urakoinnin kehittämisen tavoin epäsuorasti mallipohjaiseen suunnitteluun.



## 6 Johtopäätökset

Hankittaessa tietomallipohjaista sillansuunnittelua tilaajalle toimitettava suunnitelma-aineisto tulee muuttumaan jokaisessa suunnitteluvaiheessa, mikä aiheuttaa muutostarpeita myös hankinnan valmisteluun ja hankinta-asiakirjoihin. Tarjouspyynnön tulee sisältää tarkat vaatimukset tietomallin tarkkuudesta ja laajuudesta, tiedon luokittelusta tietomallissa sekä mallinnuksen käyttötarkoituksista. Kehitettäessä mallipohjaista hankintatoimea on tärkeää, että tilaajat, suunnittelijat, urakoitsijat ja rakennuttajat tekevät yhteistyötä näiden vaatimusten määrittämiseksi, jotta kaikki osapuolet oppivat tulkitsemaan mallia aina samalla tavalla ja tietävät, mitä tietomallilta on mahdollista odottaa.

Tutkimuksen päätavoite oli kuvata tietomallipohjaisen sillansuunnittelun hankintaprosessi ja tunnistaa mallipohjaisuuden mukanaan tuomat muutokset seurauksineen. Tutkimuksessa arvioitiin myös eri suunnittelutarjousten arviointikriteerien ja toteutusmuotojen soveltumista mallipohjaisen suunnittelun hankintaan. Lähteiden niukkuus ja alan kokemattomuus rajoittivat kuitenkin syvällisten ja faktoihin perustuvien vastausten saamista, mikä heikentää tulosten yleistettävyyttä. Yksityiskohtaisten tulosten antaminen kustakin hankintaprosessin osa-alueesta vaatii sekä lisätutkimusta että käytännön kokemuksia, joita tämän tutkimuksen puitteissa ei ollut mahdollista kerätä.

Teemahaastattelut olivat iso osa koko tutkimusta ja ne voitiin toteuttaa muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta suunnitellusti. Haastatteluista saatiin laajasti kokemuksia ja mielipiteitä hankintaprosessin kulusta ja sen valmistelusta. Varsinaista haastattelurunkoa<sup>22</sup> käytettiin myös keskustelun pohjana, eikä kaikkiin kysymyksiin kerätty orjallisesti vastauksia. Haastattelurunkoa pidettiin yleisesti haastavana, ja haastateltavat kokivat, ettei heillä ole annettavaa kaikkiin kysymyksiin. Keskustelua johdateltiinkin tarkoituksellisesti siihen suuntaan, josta haastateltavalla oli eniten kokemusta ja kerrottavaa. Haastattelujen vastauksia ei ole kuitenkaan yksilöity henkilötasolla, koska haastateltavien henkilökohtaisia mielipiteitä ei haluttu paljastaa, eikä tuloksia nimetä kenenkään omiksi.

Työn tarkka rajaaminen osoittautui työn edetessä haasteelliseksi, koska kaikkiin haastattelukysymyksiin ei saatu vastauksia, tai vastaukset pohjautuivat vahvasti mielipiteisiin. Tuloksia varten parhaita käytäntöjä ja taustatyötä jouduttiin täten keräämään laajasti myös koko infra-alalta, talonrakentamisen puolelta ja ulkomaisista projekteista. Koska siltojen avoimet formaatit ovat vasta kehitysasteella ja tarkemmat tietomallivaatimukset

---

<sup>22</sup> Esitetty liitteessä B.

tekeillä, on todennäköistä, että mallipohjaisen hankintaprosessin jalkauttamista käytäntöön päästään miettimään toden teolla vasta parin vuoden sisällä.

Tutkimuksen puitteissa ei ollut mahdollista testata sillansuunnittelun muuttunutta hankintaprosessia käytännössä, mutta työn tulokset on esitetty ja arvioitu 5D-silta3- ja Infra FINBIM -kehitysprojektien kokouksissa<sup>23</sup>. Näiden projektien ansiosta tutkija pääsi seuraamaan näköalapaikalta, mikä on alan tietomalliosaamisen taso, ja mihin suuntaan kehitys on menossa. Tämä helpotti huomattavasti työn tekemistä ja tulosten yleistettävyyttä alan yhteisiin näkemyksiin. Kehitysprojektit jatkavat mallipohjaisen suunnittelun hankinnan kehittämistä omien pilottikohteiden ja osittain myös tämän työn pohjalta.

Tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa on syytä mainita, että kilpailulliset tekijät ja eräiden asiakirjojen arkaluontoisuus estivät pääsyn osaan toivotusta materiaalista. Pääpiirteissään tutkijalla oli kuitenkin pääsy merkittävimpiin tietokantoihin ja tarvittaviin ohjelmistoihin. Tutkijalla ei ollut kuitenkaan kuin noin vuoden verran kokemusta siltojen tietomallintamisesta ja käytännön sillansuunnittelusta.

Siltojen tietomallintamisen ja mallipohjaisen suunnittelun täysimittaiselle käyttöönotolle on asetettu suuria odotuksia, mutta ajankohta jolloin se tapahtuu, on vielä arvoitus kaikille. Tämä diplomityö tehtiin vuonna 2012 siltojen tietomallintamisen murrosvaiheessa, ja vasta tulevaisuus näyttää mihin alan käytännöt tulevat vakiintumaan. Tehty työ aiheutti laajaa kiinnostusta ja sai hyvän vastaanoton niin kotimaisissa kehitysprojekteissa kuin kansainvälisissä foorumeissakin, ja työtä pidettiin hyvin ajankohtaisena koko alalla. Mallipohjaisen sillansuunnittelun käytännöt ovat suunnannäyttäjiä koko infraalalle, ja niitä seurataan kiinnostuneena myös talonrakennuksen puolella, jossa kehitystyö jatkuu edelleen. Tietomallinnuksen voidaan todeta tulleen jäädäkseen osaksi sillansuunnittelua.

---

<sup>23</sup> Esitetty liitteessä A.



## Lähdeluettelo

- Anttila, J-P & Aminoff, A & Lappeteläinen, I & Junnonen, J-M & Tieva, A. 2008. Yhteisraportti: Yhteistoimintamallien kehittäminen rakennusteollisuudessa – Rakennusteollisuuden verkostot ja hankinta, Rakennusteollisuuden hankinta- ja toimitusketjun sopimuskäytännön kehittäminen. Rakennusteollisuus RT Oy. 65 s. ISBN 978-952-5472-92-9
- Cabinet office. 2011. Government Construction Strategy. United Kingdom: Cabinet office. 43 s. Saatavissa PDF-tiedostona: <http://www.cabinetoffice.gov.uk/sites/default/files/resources/Government-Construction-Strategy.pdf>
- Eastman, C. & Teicholz, P. & Sacks, R & Liston, K. 2011. BIM Handbook 2<sup>nd</sup> edition: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc. 626 s. ISBN 978-1-118-02167-5
- Elron Oy. 2009. Kansallinen elinkaarimalli, loppuraportti. 50 s. Vapaa verkkojulkaisu. Saatavissa PDF-tiedostona: [http://www.elinkaarimallit.fi/Aineisto/semin\\_22-4-09/Loppuraportti%2021.04.09.pdf](http://www.elinkaarimallit.fi/Aineisto/semin_22-4-09/Loppuraportti%2021.04.09.pdf)
- Finlex 348/2007. Laki julkisista hankinnoista. Kauppa- ja teollisuusministeriö. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070348>
- Haapasalo, H & Merikallio, L. 2009. Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusalalla. LCI Finland: Espoo. 43 s. Saatavissa PDF-tiedostona: <http://tuta.oulu.fi/lean%20kehitysprojehtin%20raportti%20final.pdf>
- Heikkilä, R. 2008. Siltojen tuotemallintamisen ja rakentamisautomaation kehittäminen (5D-silta). Helsinki: Tiehallinto. 47 s. ISBN 978-952-221-049-4. Saatavissa PDF-tiedostona: <http://oci.oulu.fi/5D/Julkaisut/5DSilta-loppuraportti-05112008.pdf>
- Heikkilä, R. 2011. Siltojen rakentamisen, korjaamisen ja kunnossapidon kehittäminen (5D-silta2). Helsinki: Liikennevirasto. 52 s. ISBN 978-952-255-720-9. Saatavissa PDF-tiedostona: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts\\_2011-43\\_siltojen\\_rakentamisen\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-43_siltojen_rakentamisen_web.pdf)
- Hirsijärvi, S. & Hurme, H. 2001. Tutkimushaastattelu, Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Helsinki University Press. 197 s. ISBN 951-570-458-8
- Hyvärinen, J. 2010. InfraTimantti esiselvitys, loppuraportti. Espoo: VTT. 63+10 s. Saatavissa PDF-tiedostona: [http://www.rts.fi/infrabim/InfraTimantti\\_Loppuraportti\\_100615.pdf](http://www.rts.fi/infrabim/InfraTimantti_Loppuraportti_100615.pdf)

- Iloranta K & Pajunen-Muhonen, H. 2008. Hankintojen johtaminen, ostamisesta toimittajamarkkinoiden hallintaan. Jyväskylä: Tietosanoma Oy. 498 s. ISBN 978-951-885-276-9
- Infra FINBIM -hankkeen kotisivut. 2012. Saatavilla:  
<http://www.rym.fi/tutkimusohjelmat/PRE/infrafinbimtyopaketti/>  
 [viitattu 21.3.2012]
- Joshi, B. 2011. Introduction to Entity Framework Code First. Internet-sivusto. Codeguru.com. Saatavissa:  
<http://www.codeguru.com/csharp/article.php/c19233/Introduction-to-Entity-Framework-Code-First.htm> [viitattu 2.7.2012]
- Järvenpää, T. 2010. Betonisiltojen suunnittelu Revit structure -tietomallin avulla. Diplomityö. Oulun yliopisto, Konetekniikan osasto. Oulu. 95 s. Saatavissa PDF-tiedostona: [http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/Diplomityo\\_Jarvenpaa.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/Diplomityo_Jarvenpaa.pdf)
- Kankainen, S & Junnonen, J-M. 2001. Rakennuttaminen. Tampere: Rakennustieto Oy. 100 s. ISBN 951-682-631-8
- Karhumäki, S. 2012. Siltaurakan tarjous- ja rakentamisvaiheen toteutus tietomalli ympäristössä. Diplomityö. Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulu, Rakentamistalous. Espoo. 63 s.
- Kenig, M & Allison, M & Black, B. 2010. Integrated Project Delivery For Public and Private Owners. 45 s. Vapaa verkkojulkaisu saatavissa:  
<http://www.agc.org/galleries/projectd/IPD%20for%20Public%20and%20Private%20Owners.pdf>
- Kinnunen, M. 2011. Ohjeet rakennesuunnittelijan tietomallille. Diplomityö. Oulun yliopisto, Konetekniikan osasto. Oulu. 75 s.
- Kiviniemi, A. 2005. Requirements management interface to building product models. Väitöskirja. Stanford University. VTT: Espoo. 347 s. ISBN 951-3-6655-6.
- Kouvalainen, A. 2008. 3D-tuotemallin vaikutus betonisiltojen suunniteluun. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Sillanrakennustekniikan osasto. Espoo. 54 s.
- Lahdenperä, P. 2009. Allianssiurakka, Kilpailullinen yhden tavoitekustannuksen menettely. Espoo: VTT. 74 s. ISBN 978-951-38-7285-4. Saatavissa PDF-tiedostona:  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2471.pdf>
- Laitinen, J. 1998. Model Based Construction Process Management. Väitöskirja. Kungliga Tekniska Högskolan, Construction Management and Economics. 146 s. ISBN 91-7170-301-2
- Lewis, H. 2009. Bids, Tenders & Proposals: Winning business through best practice, 3rd edition. Philadelphia: Kogan Page. 288 s. ISBN 978-0-7494-5420-3.



- Liikennevirasto. 2011a. Jorvaksen liikennepihan ratasuunnitelman laatimisen hankinta-asiakirjat. Tarjouspyyntö jätetty 23.11.2011.  
<http://www.kon-ins.fi/extranet/JORVAS2012/>  
 [Vaatii käyttäjätunnuksen, viitattu 21.5.2012]
- Liikennevirasto. 2011b. Siltojen tietomalliohje. Helsinki: Liikennevirasto. 32 s.  
 ISBN 978-952-255-653-0 Saatavissa PDF-tiedostona:  
[http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2011-08\\_siltojen\\_tietomalliohje\\_web.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-08_siltojen_tietomalliohje_web.pdf)
- Manninen, A-P. 2009. Väylähankkeen esisuunnitteluvaiheen kustannushallinta. Väitöskirja. Teknillinen korkeakoulu, Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. 173 s. ISBN 978-951-22-9969-0
- Manninen, A-P. & Kärnä, S. 2012. Kansainvälinen state-of-art selvitys rakennusalan BIM-käytännöistä. Aalto-yliopisto, Rakennetekniikan laitos. 49 s. Vapaa verkkojulkaisu. Saatavilla:  
[http://lib.tkk.fi/TIEDE\\_TEKNOLOGIA/2011/isbn9789526042800.pdf](http://lib.tkk.fi/TIEDE_TEKNOLOGIA/2011/isbn9789526042800.pdf)
- Morwood, R. & Deborah, S. & Pitcher, P. 2008. Alliancing: A Participant's guide, 1<sup>st</sup> edition. Queensland: Maunsell AECOM. 182 s. ISBN 978-0-6465-0284-7.
- Mäkelä, H. 2010. Infra TM hanke ja InfraBIM kehitystyö. Infra BIM seminaari 25.5.2010. Helsinki: RIL. 21 s. Saatavissa PDF-tiedostona:  
<http://www.ril.fi/media/files/makela.pdf>
- NBS & RIBA Enterprises Ltd. 2012. The National BIM Report 2012. 20 s. Vapaa verkkojulkaisu. Saatavilla: <http://www.thenbs.com/pdfs/NBS-NationalBIMReport12.pdf>
- Peltonen T. & Kiiras J. 1998. Rakennuttajan riskit eri urakkamuodoissa. Helsinki: Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry ja Rakennustieto Oy. 115 s. ISBN 951-682-512-5
- Rakennuslehti Oy. 2012. Suomi sai kansalliset tietomallivaatimuksensa. Verkkojulkaisu. Saatavissa:  
<http://www.rakennuslehti.fi/lehtiarkisto/article.html?id=28054>
- Rakennustekniikka-lehti 2/2012. Julkinen hankinta – mitä kuuluu? Forssa: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL. 9 s.
- Rakennustieto. 1995. Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot, RT-ohjekortti 13-10574. Rakennustieto Oy. 8 s.
- Rakennustieto. 2008. Suunnittelupalveluiden tarjouspyyntö, RT-ohjekortti 13-10927. Rakennustieto Oy. 8 s.
- Rakennustieto. 2010. Suunnittelupalveluiden hankintamenettelyt, RT-ohjekortti 13-10994. Rakennustieto Oy. 8 s.

- Rakennustieto yhteisö. 2011. Infra TM-hankkeen julkiset web-sivut. Saatavilla: <http://www.rts.fi/infrabim/index.html> [viitattu 3.4.2012]
- Sangyoon, C & Su-Won, Y. 2008. A Session-Based Collaboration Environment for BIM-Based Project Life-Cycle Management. The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. pp. 745–750. Saatavilla: [http://www.iaarc.org/publications/fulltext/8\\_sec\\_108\\_Chin\\_et\\_al\\_A\\_session.pdf](http://www.iaarc.org/publications/fulltext/8_sec_108_Chin_et_al_A_session.pdf)
- Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL R.Y. 2000. RIL 145-2000 Kilpailusäännöt rakennusinsinööritaitokilpailussa. 15 s. ISBN 951-758-407-3. saatavissa PDF-tiedostona: [http://www.ril.fi/media/files/ril\\_insinooritaitokilpailujen\\_saannot.pdf](http://www.ril.fi/media/files/ril_insinooritaitokilpailujen_saannot.pdf)
- Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL R.Y. 2002. RIL 214-2002 Silta-alan konsultoinnin tehtävät. Helsinki: RIL. 18 s. ISBN 951-758-426-1.
- Tauriainen, M. 2007. Suunnittelupalveluiden hankintaopas 2007. Tampere: Rakennustieto Oy. 44s. ISBN 978-951-682-845-2. Saatavissa PDF-tiedostona: <http://www.skolry.fi/easydata/customers/skolry/files/hankinta/hankintaopas2007.pdf>
- Tiehallinto. 2000. Siltojen suunnitelmat. Helsinki: Tiehallinto: 49 s. ISBN 951-726-615-4. Saatavissa PDF-tiedostona: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/silsuu00.pdf>
- Tiehallinto. 2005. Siltojen 3D-suunnittelu- ja mittausprosessien kehittäminen ja käyttöönottoaminen (Älykäs silta). Helsinki: Tiehallinto. 63 s. ISBN 951-803-459-1. Saatavissa PDF-tiedostona: <http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200924-vsiltojen3Dsuunn.pdf>
- Tiehallinto. 2007. Ekotehokkuus investointien ST-hankinnoissa, Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 49/2007. Helsinki: Tiehallinto: 42 s. TIEH 4000592-v. Saatavissa PDF-tiedostona: [http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/4000592-v-ekotehokkuus\\_investointien\\_st-hankinnassa.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/4000592-v-ekotehokkuus_investointien_st-hankinnassa.pdf)
- Tiehallinto. 2009. Siltojen elinkaarikustannukset, esiselvitys, Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 28/2009. Helsinki: Tiehallinto. 34 s. TIEH 1459-1561. Saatavissa PDF-tiedostona: [http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/4000703-v-siltojen\\_elinkaarikustannukset\\_esiselvitys.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/4000703-v-siltojen_elinkaarikustannukset_esiselvitys.pdf)
- Valtonen, P. 2011. Tietomallipohjainen projektisuunnitelma. Diplomityö. Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulu, Rakentamistalous. Espoo. 93 s.
- WSP Group Ltd & Kairos Future. 2011. Ten truths about BIM, selvitys tietomallinnuksen tilasta ympäri maailmaa. WSP Group Plc. 80 s.
- WSP Sweden. 2012. Röforsin sillan hankinta-asiakirjat ja sähköpostiviestit. Aineisto työntekijän hallussa.



- Yliherva, J. 2006. Tuottavuus, innovaatiokyky ja innovatiiviset hankinnat, Sitran raportteja. Helsinki: Sitra. 64 s. ISBN 951-563-525-8. Saatavilla: <http://www.sitra.fi/julkaisut/Raportti64.pdf> [viitattu 26.4.2012]
- Yliherva, J & Merikallio, L. 2012. Infra-alan tuottavuushanke TUKEFIN. Hankkeen materiaali saatavilla: [http://www.innokonseptit.fi/tukefin\\_2011.php](http://www.innokonseptit.fi/tukefin_2011.php)
- YTV 2012a. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 versio 1.0, osa 1, Yleinen osuus. Rakennustietosäätiö RTS. 25 s. Saatavissa PDF-tiedostona: [http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012\\_osa\\_1\\_yleinen\\_osuus.pdf](http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf)
- YTV 2012b. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 versio 1.0, osa 5, Rakennussuunnittelu. Rakennustietosäätiö RTS. 19 s.
- YTV 2012c. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 versio 1.0, osa 11, Tietomallipohjaisen projektin johtaminen. Rakennustietosäätiö RTS. 29 s.

## **Liitteet**

Liite A: Teemahaastattelut, diplomityötä tukeneet palaverit ja ohjausryhmän jäsenet

Liite B: Haastattelurunko

Liite C: Sillan tietomallin sisältövaatimukset eri suunnitteluvaiheissa



Liite A 1(1)

Teemahaastattelut, diplomityötä tukeneet palaverit ja ohjausryhmän jäsenet

Diplomityön teemahaastattelut			
Henkilö	Yritys	Asema	Päivämäärä
Alajoki Ville	Helsingin kaupungin rakennusvirasto	Projektinjohtaja, DI	16.5.2012
Iloranta Kari	Aalto-yliopisto	Hankintatoimen tutkija, DI	13.4.2012
Karjalainen Antti	WSP Finland Oy	Yksikön päällikkö, RI	30.3.2012
Keinänen Jyrki	Sweco PM Oy	Tomitusjohtaja, TkT	12.4.2012
Manninen Ari-Pekka	Aalto-Yliopisto	Tutkimuspäällikkö, TkT	3.5.2012
Mäkelä Erkki	Liikennevirasto	Projektipäällikkö, TkL	21.3.2012
Naamanka Jaakko	Sweco PM Oy	Projektipäällikkö, RI	12.4.2012
Noeskoski Juha	Liikennevirasto	Silta-asiantuntija, DI	27.2.2012
Pere Kari	WSP Finland Oy	Projektipäällikkö, DI	16.5.2012
Ratia Kyösti	Skanska Infra	Suunnittelupäällikkö, DI	25.5.2012
Ristolainen Kari	Senaatti-kiinteistöt	Projektipäällikkö, DI	8.5.2012
Tauriainen Matti	Aalto-Yliopisto ja Finnmap Consulting Oy	Kehityspäällikkö, DI	8.3.2012

Diplomityöhön sähköpostilla saadut vastaukset			
Manninen Ari-Pekka	Aalto-Yliopisto	Tutkimuspäällikkö, TkT	5.6.2012
Merikallio Lauri	Vakeva Oy	Hankinta-asiantuntija, DI	2.5.2012

Diplomityötä tukeneet seminaarit ja palaverit		
Tapahtuma	Paikka	Päivämäärä
5D-silta 3 workshop - johtoryhmän palaveri	Liikennevirasto, Helsinki	22.5.2012
5D-silta 3 workshop - johtoryhmän palaveri	Celsa Steel Service, Åminnefors	28.8.2012
5D-silta 3 workshop - siltojen tuotemallintamisen kipupisteet	VR Track, Helsinki	22.3.2012
Infrajohtamisen tulevaisuuspäivä, INFRA 2012	Wanha Satama, Helsinki	6.3.2012
Infra FINBIM:n alapaketti 1:n kokous	WSP Finland Oy, Helsinki	24.5.2012
Infra FINBIM:n alapaketti 1:n kokous	WSP Finland Oy, Helsinki	15.8.2012
Infra FINBIM:n pilottipäivä	VTT, Espoo	9.5.2012
Diplomityön ohjausryhmän palaveri	WSP Finland Oy, Helsinki & Oulu	6.2.2012
Diplomityön ohjausryhmän palaveri	WSP Finland Oy, Helsinki & Oulu	15.3.2012
Diplomityön ohjausryhmän palaveri	WSP Finland Oy, Helsinki & Oulu	23.4.2012
Diplomityön ohjausryhmän palaveri	WSP Finland Oy, Helsinki & Oulu	1.6.2012
Diplomityön ohjausryhmän palaveri	WSP Finland Oy, Helsinki & Oulu	7.8.2012
Siltojen tietomalliohjeen päivittämisprojekti	Liikennevirasto, Helsinki	15.6.2012
Tekla Structures tekninen käyttäjäpäivä	Rantasipi Airport, Helsinki	15.3.2012

Diplomityön ohjausryhmän jäsenet:		
Alajoki Ville	Helsingin kaupungin rakennusvirasto	Projektinjohtaja, DI
Tirkkonen Timo	Liikennevirasto	Projektipäällikkö, TkL
Heikkilä Rauno	Oulun yliopisto	Oulun yliopisto, TkT
Karjalainen Antti	WSP Finland Oy	Siltayksikön päällikkö, RI
Niemelä Sami	WSP Finland Oy	Siltayksikön päällikkö, DI
Salokangas Lauri	Aalto-yliopisto	Aalto-yliopisto, Prof. (ma.)

**Liite B 1(2)****Haastattelurunko***Haastateltavan henkilötaustat:*

- Mikä on toimenkuvanne tällä hetkellä?
- Milloin olet aloittanut työskentelyn nykyisessä toimenkuvassa?
- Mikä on ollut urapolkusi tähän saakka?

*Haastateltavan tietomallitaustat:*

- Milloin ja missä muodossa olet ensimmäisen kerran ollut tekemisissä tietomallintamisen kanssa? (Ohjelma, versio, rooli)
- Mitä eri tietomallinnusohjelmia olet käyttänyt?
- Miten tietomallintaminen on muuttunut ajan saatossa?
- Onko mallien tietomäärä lisääntynyt tai muuttunut?
- Miten tietomallintaminen on otettu alalla mielestäsi vastaan? (Ennen, nykyään)

*Tietomallin hyödyntäminen osana tilaajan hankintatoimea:*

- Mitkä koet suurimmiksi hyödyiksi tietomallipohjaisten suunnitelmien hankinnassa?
- Miksi tilaaja haluaa tietomallipohjaisia suunnitelmia?
- Mitä asioita hankinta-asiakirjoihin tulee sisällyttää mikäli ne mielestäsi poikkeavat nykykäytännöstä? (hankintailmoitus, osallistumishakemus, tarjouspyyntö, tarjous, hankintapäätös)
- Onko tilaajalla tarvetta ja intressejä seurata suunnittelun edistymistä suunnittelulanneraportin avulla?
- Voiko tietomallipohjaisesta suunnitelmasta maksaa enemmän? Kuinka paljon?
- Mitä ongelmia tiedon siirtymisessä suunnittelijalta tilaajalle on ollut?
- Häviääkö tietoa siirryttäessä suunnitteluvaiheesta toiseen? (esisuunnitelma -> yleissuunnitelma -> rakennussuunnitelma; hankesuunnitelma -> luonnossuunnitelma -> toteutussuunnitelma)
- Voiko edellisen suunnitteluvaiheen mallia hyödyntää seuraavassa vaiheessa?
- Sisällytetäänkö lähtötietomallin laatiminen osaksi yleissuunnitelmaa vai tilaataanko se erikseen?
- Siirrytäänkö KU-urakoista tietomallien myötä ST- ja PJ-urakoihin tai Allianssi-hankkeisiin?
- Miten tarjousten pisteytyksessä ja arvioinnissa tulee mielestäsi ottaa huomioon tietomalliosaaminen? (prosenttiosuus kokonaispisteistä)
- Miten eri hankintamenettelyt soveltuvat tietomallipohjaisen suunnittelun/urakoinnin hankintaan? (rajoitettu menettely, avoin menettely, suunnittelukilpailu, suora hankinta, neuvottelumenettely, kilpailullinen neuvottelumenettely)
- Viekö tarjouspyynnön valmisteleminen enemmän aikaa ja vaivaa?



## Liite B 2(2)

- Millä tarkkuudella suunnittelukilpailussa voidaan vaatia tietomalleja?
- Miten ja minne sillan huoltokirja arkistoidaan?
- Miten eri ohjelmistot otetaan huomioon?
- Miten todetaan suunnittelijan tietomalliosaaminen?

### *Tietomallin hyödyntäminen suunnitteluprosessissa:*

- Mitkä koet suurimmiksi hyödyiksi tietomallipohjaisessa suunnittelussa?
- Lisääntyykö suunnittelijan työmäärä verrattuna dokumenttipohjaiseen suunnitteluun? Jos lisääntyy, niin kuinka paljon?
- Mitkä ovat mielestäsi hyödyllisimmät tiedot, joita malliin voidaan syöttää? Miksi?
- Mitä tietoja malliin pitäisi pystyä syöttämään, mikä nyt ei ole mahdollista?
- Miten suunnittelijan toimenkuva tulee muuttumaan siirryttäessä tietomallipohjaiseen suunnitteluun?
- Miten laadunvarmistusmenetelmät muuttuvat?
- Riittääkö suunnitelmien visuaalinen tarkastaminen?
- Mitä vaaditaan mallintavalta suunnittelijalta?
- Onko mallintamisella riittävä ohjelmistotuki?

### *Tietomallin hyödyntäminen työmaalla*

- Mitkä koet suurimmiksi hyödyiksi tietomallien käytölle työmaalla?
- Miten mallia on hyödynnetty rakentamisen aikana? Mitä tietoja siitä on saatu ulos?
- Mikä on suurin syy sille, ettei tietomalleja hyödynnetä työmaalla?
- Mitä puutteita rakennesuunnitelmamallissa on ollut?
- Käytetäänkö työmaalla natiivi- vai IFC-mallia?
- Onko mallin siirtämisessä työmaalle ollut ongelmia?
- Onko tietomalleista ollut tarvetta tuottaa työmaalla perinteisiä ”piirustuskuvia”?
- Onko jätteiden määrä vähentynyt ja aikataulutusta parantunut? (Lean Construction -ajattelu työmaalla)

### *Tietomallintamisen nykytilanne, tulevaisuuden tavoitteet ja kehittämistarpeet:*

- Onko tietomallien täysimittaiselle käyttöönotolle olemassa edellytyksiä?
- Miten tietomallipohjaiset hankkeet eroavat dokumenttipohjaisista hankkeista?
- Mitä yhtäläisyyksiä tietomallipohjaisilla ja dokumenttipohjaisilla hankkeilla on?
- Mitä asioita talopuolella on opittu kantapään kautta?
- Mitkä ovat suurimmat esteet tietomallintamisen täysimittaiselle käyttöönotolle?
- Mikä on tietomallintamisen tila kansainvälisesti?
- Mitkä ovat mielestäsi suurimmat jatkokehittämistarpeet?

Liite C 1(2)

Sillan tietomallin sisältövaatimukset eri suunnitteluvaiheissa  
(Liikennevirasto 2011b, 25–26)

<b>Sillan mallinnustarkkuus suunnitteluvaiheittain</b>					
<i>Tässä tarkennetaan rakennneosien mallinnustarkkuus suunnitteluvaiheen mukaisesti ja listataan mahdolliset ei-mallinnettavat rakennneosat. Rastitetaan suunnitteluvaiheet, joita määrittelyt koskevat sekä suunnitteluvaiheessa mallinnettavat rakenteet. Huomautus sarakkeessa voidaan selvittää sanallisesti mallinnustarkkuutta. Siltojen tietomalliohjeessa kohdassa 1 ja 2 on selostettu tietomallin sisältöä ja tarkkuutta eri suunnitteluvaiheissa. Taulukkoon lisätään rakennneosia tarvittaessa kohteen mukaisesti.</i>					
Rakennesea	Suunnitteluvaihe				Huom!
	Esi	Yleis	Silta	Raken- nus	
	√	√	√	√	
<b>Päällysrakenteet</b>	√	√	√	√	
pintarakenteet		√	√	√	päällysrakenteen yläpinta mallinnettu pintana
eristys				√	mallinnettu pintana
päällysrakenne, betoni /teräs / puurakenteet	√	√	√	√	
teräs- / puurakenteiden liitokset				√	
betonielementit				√	
verhoukset			√	√	mallinnettu pintana, ulkopinta
<b>Perustukset ja alusrakenteet</b>				√	
paalut		(√)	√	√	siltasuunnitelmassa viitteellinen, suurpaalut jo yleissuunnitelmaan
routaeristykset				√	
peruslaatat		√	√	√	
tukirakenteet, väli- ja maatuet (päätytuet)	√	√	√	√	
kosteuseristykset				√	
verhoukset			√	√	mallinnettu pintana, ulkopinta
<b>Liittyvät rakenteet (penkereet, väylät)</b>					
luiskat ja niiden verhoukset		√	√	√	kovat verhouksmateriaalit, ei nurmetuksia
pengerlaatat			√	√	
tukimuurit			√	√	
kuivatus				√	
<b>Varusteet ja laitteet</b>				√	
liikuntasaumalaitteet				√	mallinnetaan varauksina
laakerit				√	mallinnetaan varauksina
siirtymälaatat			√	√	



## Liite C 2(2)

Rakenneosa	Suunnitteluvaihe				Huom!
	Esi ✓	Yleis ✓	Silta ✓	Raken- nus ✓	
-siirtymäkaide			✓	✓	
-tiekaide		✓	✓	✓	tiekaidetta siirtymäraken- teen matkalta
<b>Kaiteet, johteet ja kosketussuojaseinät</b>					
-sillankaide		✓	✓	✓	
-kosketussuojarakenteet		✓	✓	✓	
-kolhaisusuojat ja törmäyssuojat				✓	
maadoitus				✓	
<b>Kuivatuslaitteet</b>					
- tippuputket				✓	
- paineentasausputket				✓	
- pintavesiputket ja salaojat				✓	
- syöksytorvet				✓	
kontaktitapit				✓	
panosputket				✓	
valaistus				✓	
valaistuksen varauskolot				✓	
<b>Raudoitukset</b>					
Tässä tarkennetaan raudoitusten mallinnustarkkuus suunnitteluvaiheen mukaisesti					
- rakenneosien määrätietona			✓		
- yksityiskohtaisesti mallinnettuna				✓	
jännepunokset varusteineen					
- rakenneosien määrätietona			✓		
- yksityiskohtaisesti mallinnettuna				✓	
<b>Raudituksen törmäystarkastelut</b>					
Tässä tarkennetaan raudituksen törmäystarkastelu mallinnustarkkuuden ja suunnitteluvaiheen mukaisesti					
- ankkurointialueen kaikki teräkset, ankkurit ja jänteet				✓	
- pää- ja poikkipalkkien pääteräkset ja haat				✓	
- Pilareiden terästen jatkokset ja tartunnat peruslaattoihin ja päällysrakenteeseen				✓	